

Über die Langzeiteinwirkung von Rheinfeldener Sole
und Braunkohlewässern
auf die Haut von Versuchspersonen,
beurteilt nach Haut-pH, Hauttemperatur,
Hautwasserabgabe und Wasserspeicherung,
sowie subjektiven Kriterien

Evelyne Hemmerich

1977

DISSERTATIONS- UND FOTODRUCK FRANK oHG
8 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2 8 0 9 0 9 0

Aus dem Institut für medizinische Balneologie und
Klimatologie der Universität München
Vorstand: Professor Dr. H. Drexel

Über die Langzeiteinwirkung von Rheinfeldener Sole und
Braunkohlewässern auf die Haut von Versuchspersonen,
beurteilt nach Haut-pH, Hauttemperatur, Hautwasser-
abgabe und Wasserspeicherung, sowie subjektiven Kriterien

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Evelyne Hemmerich
aus
Weiden/Oberpfalz

München 1977

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin
der Universität München

Berichterstatter: Dipl. Phys. K. Dirnagl

Mitberichterstatter: Prof. Dr. H. Drexel

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 5.8.1977



1883-1884

Page

1. Einleitung	1
2. Die Geschichte der Stadt	2
3. Die Bevölkerung	3
4. Die Wirtschaft	4
5. Die Kultur	5
6. Die Politik	6
7. Die Religion	7
8. Die Wissenschaft	8
9. Die Kunst	9
10. Die Literatur	10
11. Die Musik	11
12. Die Theater	12
13. Die Sport	13
14. Die Freizeit	14
15. Die Gesundheit	15
16. Die Umwelt	16
17. Die Verkehr	17
18. Die Energie	18
19. Die Wasser	19
20. Die Luft	20
21. Die Erde	21
22. Die Sonne	22
23. Die Sterne	23
24. Die Natur	24
25. Die Tiere	25
26. Die Pflanzen	26
27. Die Mineralien	27
28. Die Metalle	28
29. Die Gesteine	29
30. Die Ozeane	30
31. Die Meere	31
32. Die Berge	32
33. Die Täler	33
34. Die Ebenen	34
35. Die Hügel	35
36. Die Klüfte	36
37. Die Felsen	37
38. Die Höhlen	38
39. Die Grotten	39
40. Die Katakomben	40
41. Die Gräber	41
42. Die Tempel	42
43. Die Kirchen	43
44. Die Moscheen	44
45. Die Synagogen	45
46. Die Klöster	46
47. Die Abteien	47
48. Die Stifte	48
49. Die Pfarren	49
50. Die Seelsorge	50
51. Die Predigt	51
52. Die Beichte	52
53. Die Eucharistie	53
54. Die Kommunion	54
55. Die Messe	55
56. Die Liturgie	56
57. Die Feiern	57
58. Die Feste	58
59. Die Feiertage	59
60. Die Sonntage	60
61. Die Werktage	61
62. Die Fasten	62
63. Die Advent	63
64. Die Heiligabend	64
65. Die Silvester	65
66. Die Karneval	66
67. Die Fasching	67
68. Die Maibaum	68
69. Die Walpurgis	69
70. Die Pfingsten	70
71. Die Trinitatis	71
72. Die Corpus Christi	72
73. Die Fronleichnam	73
74. Die Marienfest	74
75. Die Geburtstag	75
76. Die Kindertag	76
77. Die Jugendtag	77
78. Die Hochzeit	78
79. Die Trauung	79
80. Die Braut	80
81. Die Bräutigam	81
82. Die Gäste	82
83. Die Tisch	83
84. Die Getränke	84
85. Die Speisen	85
86. Die Musik	86
87. Die Tanz	87
88. Die Spiele	88
89. Die Wettbewerbe	89
90. Die Meisterschaften	90
91. Die Weltmeisterschaften	91
92. Die Olympischen Spiele	92
93. Die Paralympischen Spiele	93
94. Die Sommerolympische Spiele	94
95. Die Winterolympische Spiele	95
96. Die Jugendolympische Spiele	96
97. Die Paralympische Spiele	97
98. Die Sommerparalympische Spiele	98
99. Die Winterparalympische Spiele	99
100. Die Jugendparalympische Spiele	100

Meinem Vater gewidmet

1. Einleitung	1
2. Die Geschichte der Stadt	2
3. Die Bevölkerung	3
4. Die Wirtschaft	4
5. Die Kultur	5
6. Die Politik	6
7. Die Religion	7
8. Die Wissenschaft	8
9. Die Kunst	9
10. Die Literatur	10
11. Die Musik	11
12. Die Theater	12
13. Die Sport	13
14. Die Freizeit	14
15. Die Gesundheit	15
16. Die Umwelt	16
17. Die Verkehr	17
18. Die Energie	18
19. Die Wasser	19
20. Die Luft	20
21. Die Erde	21
22. Die Sonne	22
23. Die Sterne	23
24. Die Natur	24
25. Die Tiere	25
26. Die Pflanzen	26
27. Die Mineralien	27
28. Die Metalle	28
29. Die Gesteine	29
30. Die Ozeane	30
31. Die Meere	31
32. Die Berge	32
33. Die Täler	33
34. Die Ebenen	34
35. Die Hügel	35
36. Die Klüfte	36
37. Die Felsen	37
38. Die Höhlen	38
39. Die Grotten	39
40. Die Katakomben	40
41. Die Gräber	41
42. Die Tempel	42
43. Die Kirchen	43
44. Die Moscheen	44
45. Die Synagogen	45
46. Die Klöster	46
47. Die Abteien	47
48. Die Stifte	48
49. Die Pfarren	49
50. Die Seelsorge	50
51. Die Predigt	51
52. Die Beichte	52
53. Die Eucharistie	53
54. Die Kommunion	54
55. Die Messe	55
56. Die Liturgie	56
57. Die Feiern	57
58. Die Feste	58
59. Die Feiertage	59
60. Die Sonntage	60
61. Die Werktage	61
62. Die Fasten	62
63. Die Advent	63
64. Die Heiligabend	64
65. Die Silvester	65
66. Die Karneval	66
67. Die Fasching	67
68. Die Maibaum	68
69. Die Walpurgis	69
70. Die Pfingsten	70
71. Die Trinitatis	71
72. Die Corpus Christi	72
73. Die Fronleichnam	73
74. Die Marienfest	74
75. Die Geburtstag	75
76. Die Kindertag	76
77. Die Jugendtag	77
78. Die Hochzeit	78
79. Die Trauung	79
80. Die Braut	80
81. Die Bräutigam	81
82. Die Gäste	82
83. Die Tisch	83
84. Die Getränke	84
85. Die Speisen	85
86. Die Musik	86
87. Die Tanz	87
88. Die Spiele	88
89. Die Wettbewerbe	89
90. Die Meisterschaften	90
91. Die Weltmeisterschaften	91
92. Die Olympischen Spiele	92
93. Die Paralympischen Spiele	93
94. Die Sommerolympische Spiele	94
95. Die Winterolympische Spiele	95
96. Die Jugendolympische Spiele	96
97. Die Paralympische Spiele	97
98. Die Sommerparalympische Spiele	98
99. Die Winterparalympische Spiele	99
100. Die Jugendparalympische Spiele	100



Digitized by the Internet Archive
in 2026

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
A) Einleitung	1
B) Methodik	2
I) Versuchspersonen	2
II) Allgemeine Versuchsbedingungen	2
III) Meßapparaturen	5
1) Versuchsluft	5
2) Haut-pH-Messung	5
3) Hautwasserabgabemessung (HWA) und Temperaturmessung	6
a) Meßprinzip	6
b) Meßvorgang	7
c) Skizze: Versuchsaufbau	9
d) Kalibrierung	8
α) Nullpunkteinstellung	8
β) Eichpunkteinstellung	11
γ) Meßlufteinstellung	11
e) Rechnerische Auswertung der Ver- suchsergebnisse	13
C) Ergebnisse	15
I) Haut-pH	15
II) Hauttemperatur	19
III) Hautwasserabgabe	22
IV) Subjektive Befunde	31
D) Literaturübersicht und Diskussion	32
E) Zusammenfassung	50
F) Literaturverzeichnis	53
G) Anhang	61

A) EINLEITUNG

Wichtige Aufgaben fallen der menschlichen Haut als Grenzfläche zur Umwelt zu. Ihre besonderen Eigenschaften machen den Menschen als Landbewohner von der schützenden Umgebung des Meeres unabhängig.

Die Haut bewahrt den Menschen vor Temperaturänderungen, vor mechanischen, physikalischen und chemischen Einwirkungen, wobei auch Wasser als chemische Substanz angesehen werden muß (GOTTRON, 18). Umgebendem Wasser gegenüber schützt sie gegen osmotischen und mechanischen Druck (PRATZEL, 44).

Die heilende Kraft des Wassers ist seit Jahrhunderten bekannt und wird bis heute therapeutisch eingesetzt (SCHNELLE, 48).

"Man soll frisches Wasser nehmen und es ein wenig salzen. Wenn die Wunden damit gewaschen werden, so bewahrt es die Wunden ein ganzes Jahr vor jeder Fäulnis." So schrieb der berühmte Arzt, Alchemist, Mineraloge, Astrologe und Theologe Paracelsus (1493-1541). Er, dem der therapeutische Wert des Salzwassers wohl bekannt war, empfahl die Salzsolen seinen Ärztekollegen.

Heute wird versucht, mit modernen, wissenschaftlichen Methoden die Einflüsse verschiedener Wässer auf den menschlichen Organismus zu erforschen. Auch eingehende Untersuchungen über physikalische und chemische Parameter an der Haut führten bisher nicht zu einer Erklärung, wie der Organismus direkt über die Haut beeinflußt werden kann (KLEINSCHMIDT, DREXEL und DIRNAGL, 30).

Bekanntlich durchdringen Bäderinhaltsstoffe die äußeren Hautschichten nur in sehr begrenztem Umfang, so daß beispielsweise auch die Wasserwirkung als solche oder eine indirekte Wirkung von Wasseranwendungen diskutiert werden müssen.

Die durchgeführten Untersuchungen beschränkten sich auf die Messung des Haut-pH, der Hauttemperatur- und Wasserabgabe (HWA) und subjektiven Beobachtungen bei Sole, Sole mit Calciumzusatz und dreier Braunkohlewässer.

B) METHODIK

I.) Versuchspersonen

Als durchschnittlich gesunde Versuchspersonen (VP) dienten 6 Männer und 4 Frauen im Alter von 21 bis 30 Jahren. Um gleiche Vorbedingungen zu schaffen, mußten sich alle Versuchspersonen vor Versuchsbeginn eine halbe Stunde lang in einem vollklimatisierten Meßraum konstanter Temperatur und konstanter Luftfeuchtigkeit aufhalten und ihre Kleidung so auf die Raumtemperatur abstimmen, daß diese ihnen gerade angenehm war. Dabei sollten sie möglichst wenig körperliche Arbeit verrichten, da die HWA dadurch bis auf das sechsfache gesteigert werden kann (WEILER, 60).

II.) Allgemeine Versuchsbedingungen

Als Versuchsraum wählten wir ein vollklimatisiertes Zimmer mit einer konstanten Temperatur von 23° Celsius und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 48 - 60%, bei der sich nach Untersuchungen von ANGELE (1) die VP indifferent verhalten.

Messungen wurden bei den Versuchspersonen an der Volarseite beider Unterarme durchgeführt. An diesen Stellen ist die Körperbehaarung relativ gering, so daß trichterförmige Einbuchtungen um Haarschäfte, die zur Flächenvergrößerung führen, als Fehlerquelle ausgeschaltet wurden. Variabale Hornschichtdicke, wie man sie je nach körperlicher Arbeit an Händen findet, gibt es an der untersuchten Stelle ebenfalls nicht, so daß auch verschiedene Wasserspeicherfähigkeiten, bedingt durch variierende Hornhautdicke, als zusätzlicher Einfluß ausgeschaltet werden konnten (STÜPEL und SZAKALL, 51).

Wir arbeiteten mit folgenden Benetzungsflüssigkeiten:

Sole (Definition):

Sole ist eine Lösung, deren Natrium- und Chloridgehalt 240 mval (also 5,5 g Na^+ und 8,5 g Cl^- pro kg Wasser) überschreitet. Die Gesamtmineralisation der Solen liegt dabei in der Regel wegen der Anwesenheit anderer Jonenarten über 14 g/kg Wasser.

Kochsalzwasser:

Kochsalzwasser bzw. NaCl-Quelle liegt vor, wenn der Na^+ und Cl^-

gehalt 240 mval unterschreitet und das Wasser mehr als 1 g/kg gelöste Mineralstoffe enthält.

1.) Rheinfelder Sole: 3%ige (Salzgewicht/Volumen)

Soleverdünnung

94 ml Rheinfelder Rohsole auf 1000 ml
mit deionisiertem Wasser aufgefüllt,
pH = 7,83;

2.) Sole und Calcium (Ca) 94 ml Rheinfelder Rohsole 7,92 g $\text{CaCl}_2 \times 2 \text{H}_2\text{O}$ mit deionisiertem Wasser auf 1000 ml aufgefüllt,
pH = 5,42, Calciumgehalt = 2,16 g/Liter

3.) Aqua dest. bei 20°C, pH = 6,33

4.) Braunkohlewässer:

Edelmannweiher: (E). farblos und klar, pH = 3,15

Dieses Wasser besitzt einen erheblich niedrigeren Mineralstoffgehalt als das K-Wasser und Nordfeldwasser. Es kann mit ca. 450 mg/l als mineralstoffarm bezeichnet werden. Das vorherrschende Ion ist jedoch auch hier das Sulfat, das wieder den relativ niedrigen pH-Wert erklärt.

5.) Nordfeld (N): gelblich-braun, pH = 2,5

Auch dieses Wasser besitzt mit über 2,6 g/l einen erheblichen Mineralstoffgehalt. Neben Ca- und Sulfationen treten Eisenionen als Hauptbestandteile auf. Der Eisengehalt liegt in der ungewöhnlichen Größenordnung von ca. 335 mg/l.

Dies steht im Einklang mit dem niedrigen pH-Wert von 2,5, der nur eine teilweise Fällung von Eisenhydroxid erwarten läßt und damit zur gelben Fällung der Wasserprobe führt. Geringe Na- und K-Werte gegenüber dem hohen Sulfatgehalt erklären den niedrigen pH-Wert.

Das Wasser ist als

Ca - Eisen - Sulfat - Wasser

zu charakterisieren.

6.) Knappensee (K): farblos und klar, pH = 4,6

Wie aus Abdampfdruckstand, Leitfähigkeit und Ionensumme hervorgeht, handelt es sich um ein stärker mineralisiertes Wasser mit mehr als 3g Mineralstoffen pro Liter. Als Hauptbestandteile sind Na-, Ca- und Sulfationen vorhanden. Die Äqui-

valente der Sulfationen überstimmen die Äquivalente der Alkali- und Erdalkaliionen beträchtlich und sind für den sauren Charakter des Wassers verantwortlich. Der Eisengehalt ist mit weniger als 1 mg/l beim vorliegenden pH-Wert von 5,5 erwartungsgemäß niedrig, da bei pH-Werten 4 bereits mit praktisch vollständiger Ausfällung zu rechnen ist.

Das Wasser ist als

Na - Ca - Sulfat - Wasser zu charakterisieren.

Wasser	K	N	E	Physiolog. Kochsalz- lösung	Leitungswasser	
Mineralstoff- gehalt (Glüh- rückstand)	3,3	2,8	0,4	9,0	0,2	g/Liter
Eisengehalt (Fe^{2+})	1	335	8	0	0	mg/Liter

Jeder Unterarm wurde in drei gleich große Felder eingeteilt, um eine deutliche Trennung der einzelnen Wasserbehandlungen zu haben.

Zur exakten Abgrenzung wurden in diesen Arealen die Grenzen der Meßkammern aufgezeichnet. Jedes Hautareal wurde einer bestimmten Bebadungsflüssigkeit zugeordnet, um Verwechslungen auszuschließen:

Linker Arm	Rechter Arm
Oben : Sole	Edelmannweiher (E)
Mitte : Sole und Ca	Knappensee (K)
Unten : Aqua dest.	Nordfeld (N)
oben = Feld Nähe Ellbogen	
unten = Feld Nähe Handgelenk	

Als Ausgangswerte wurden zunächst Haut-pH, Hautwasserabgabe (Perspiratio insensibilis), wie Hauttemperatur gemessen. Um vergleichbare Ausgangsbedingungen für die pH-Wertmessung zu schaffen, wurden die Unterarme im Anschluß an die Ausgangs-pH-Messung 10 Minuten lang mit Leitungswasser von 28°C bebadet. Danach wurde erneut der pH-Wert (0-Wert = Bezugswert) in jedem der 6 Felder je 3 mal gemessen. Im Anschluß daran wurden auf die 6 Hautfelder ca. 1 cm dicke, mit den Testlösungen durchtränkte Zellstofflagen aufgelegt und mit einer Operationsfolie der Firma Lohmann abgedeckt,

um nicht nur ein vorzeitiges Austrocknen, sondern auch ein Ineinanderfließen der einzelnen Testlösungen zu verhindern.

Bei der Hautwasserabgabe wurde ebenfalls ein Ausgangswert bestimmt. Nach 15-stündiger Bebadung wurde die HWA als Zeitverlauf gemessen. Für die spätere Datenverarbeitung wurden aus der Kurve lediglich die Werte nach 2, 4.5 und 18 Min. abgelesen.

Die Hauttemperatur wurde während der Hautwasserabgabemessung mitregistriert.

Die ganze Versuchsreihe wurde bei allen 10 Versuchspersonen an 2 verschiedenen Terminen durchgeführt.

III.) Meßapparaturen

1.) Versuchsluft

Für konstante klimatische Verhältnisse im Versuchsraum sorgte die eingebaute Klimaanlage. Die relative Luftfeuchtigkeit war auf $60\% \pm 5\%$, die Raumtemperatur auf $23^\circ\text{Celsius} \pm 0,5^\circ\text{Celsius}$ eingestellt. Da die Raumluft in dem Versuchsraum als Bezugsgröße für die Hautwasserabgabe dienen sollte, wurde ein Vorrat davon vor dem Versuch jeweils in einen Plastiksack aus PVC-Folie gepumpt, zur Vermeidung von kurzfristigen Veränderungen durch den Eintritt von Versuchspersonen oder ähnlichem.

2.) Haut pH-Messungen

Für die pH-Messungen benutzten wir eine Einstabmeßkette der Firma Dr. Ingold, die an ein Radiometer PH-Meter, Typ PMH 260 der Fa. Hillerkurs, ein elektronisches Meßgerät für direkte Messungen von pH-Werten angeschlossen wurde. Die Eichung erfolgte mit einer Standardlösung ($\text{pH}=4.0$). Die Schwankungen bei Nacheichungen des Gerätes bewegten sich im Bereich von 0,01 bis 0,05 pH-Einheiten.

Zur Messung wurde das pH-Meter inmitten eines auf die Haut aufgetragenen Tropfens destillierten Wassers mit dem leichten, gleichmäßigen, durch sein Eigengewicht bestimmten Druck aufgesetzt und dort solange belassen, bis sich der Zeigerausschlag auf einen Endwert eingestellt hatte.

3.) Hautwasserabgabemessung und Temperaturmessung

a) Meßprinzip

Um Permeabilitätsänderungen der Haut nach Bebadung durch die verschiedenen Wässer bestimmen zu können, wurde die Hautwasserabgabe vor und nach dem Versuch gemessen.

Die Werte der Hautwasserabgabe vor dem Versuch entsprachen bei konstanten klimatischen Verhältnissen denen der individuellen Perspiratio insensibilis, die Unterschiede in der Hautwasserabgabe nach Bebadung zeigten eine Speicherung, Entspeicherung und Permeabilitätsveränderung der Haut, bedingt durch die Bebadungsflüssigkeit.

Der grundlegende Teil der Meßanlage ist ein Infrarot-Absorptionspektrometer zur Gasanalyse (Uras I der Firma Hartmann und Braun AG, Frankfurt, in der Ausführung mit strömendem Vergleichsgas) (HARTMANN und BRAUN, 19).

Jedes Gas mit Ausnahme der Edelgase und der zweiatomigen Gase, die aus gleichen Atomen aufgebaut sind, z.B.: H_2, N_2, O_2 , hat im Infraroten spezifische Absorptionsbanden, genauer im Spektralbereich von 2-15 μm . Die Absorption richtet sich gemäß dem Lambert-Beerschen Gesetz u.a. nach der Konzentration der Meßkomponente. Die Ausgangskonzentration wird hier durch die Raumluft (RL) dargestellt, welche dann durch die Perspiratio insensibilis mit Wasserdampf angereichert wird. Eine Konzentrationsänderung entspricht also einer Änderung der abgegebenen Wasserdampfmenge und somit einer Änderung der HWA.

Das Meßprinzip beruht darauf, daß die H_2O -Konzentrationsunterschiede zwischen der Meßkomponente und einem Vergleichsgas bekannter Konzentration (hier: Luft aus dem Versuchsraum) in 2 Küvetten zu verschiedenen Absorptionen von periodisch unterbrochenen Lichtströmen führen und der daraus resultierende Temperatur- bzw. Druckunterschied eine metallbedampfte Kondensatormembran in Schwingungen versetzt. Die Amplitude der Membranschwingungen führt zu periodischen Kapazitätsänderungen, die mit einer elektronischen Apparatur schließlich als Gleichspannung gemessen werden kann. Aus einem Spannungsschreiber ausschlag kann so auf die H_2O -Konzentrations-Unterschiede und damit letztlich auf die HWA zurückgeschlos-

sen werden. Der Apparat arbeitet sehr genau in seinen Absolutwerten ($\pm 3\%$). Auch die Einstellzeit T_{99} liegt mit 11 Sekunden in einem derartig kurzen Bereich, daß Speicherung-Entscheidung und Permeabilitätsveränderungen der Haut, die ja langsam vor sich gehen (FRICKE, 17), als Fehlerquelle nicht einwirken können.

b) Meßvorgang

Die Gase durchströmen die beiden Küvetten K_1 und K_2 , von denen K_1 für die Raumluft und K_2 für die Meßkomponente zuständig ist (siehe Versuchsaufbau Abb. 1/S. 9). Dabei gelten für den Nullabgleich, die Kalibrierung und den Meßvorgang folgende Verzweigungen:

Luftwege für Meßküvette 2 (K_2)

1. Nullabgleich (Sackluft zu Sackluft):

Sackluft - Ia - Ib - IIa - IIc - K_2

2. Messung:

Sackluft - Ia - Ic - MK - IIIa - IIIb - IIb - IIc - K_2

3. Kalibrierung:

a) H_2O : H_2OSP - VD: 0,45 ml/h

b) Sackluft - PU_2 - DR - R - VD - $\begin{matrix} \text{Raumluft} \\ \text{IIIc - IIIb -} \\ \text{IIb - IIc - } K_2 \end{matrix}$

Je nach Wasserdampfkonzentration der beiden Gase wird mehr oder weniger Energie der von den Strahlern S ausgehenden Infrarotstrahlern in den Küvetten absorbiert. Die Differenz der verbleibenden Energie der beiden Strahlengänge führt zu einer Druckdifferenz, die vom Empfänger E erfaßt und über ein Verstärkersystem (EL) am Linienschreiber angezeigt wird. Die von der Anlage benötigte Spannung wird über einen magnetischen Konstanthalter am Netz entnommen.

Die Hauttemperaturmessung erfolgt zeitlich parallel dazu auf thermoelektrischem Wege durch ein Konstantan-Manganin-Element. Der Fühler ist direkt in der Meßkammer angebracht, bei welcher ein Silikonkautschuk für einen guten Kontakt mit der Haut sorgt. Das Geenelement wird von einem Thermostaten auf $35,3^\circ\text{Celsius}$ gehalten. Dem Fühler ist ein Kompensationsverstärker (TV) nachgeschal-

tet, der mit einem Registriergerät (TSCHR) gekoppelt ist.

c) Versuchsaufbau

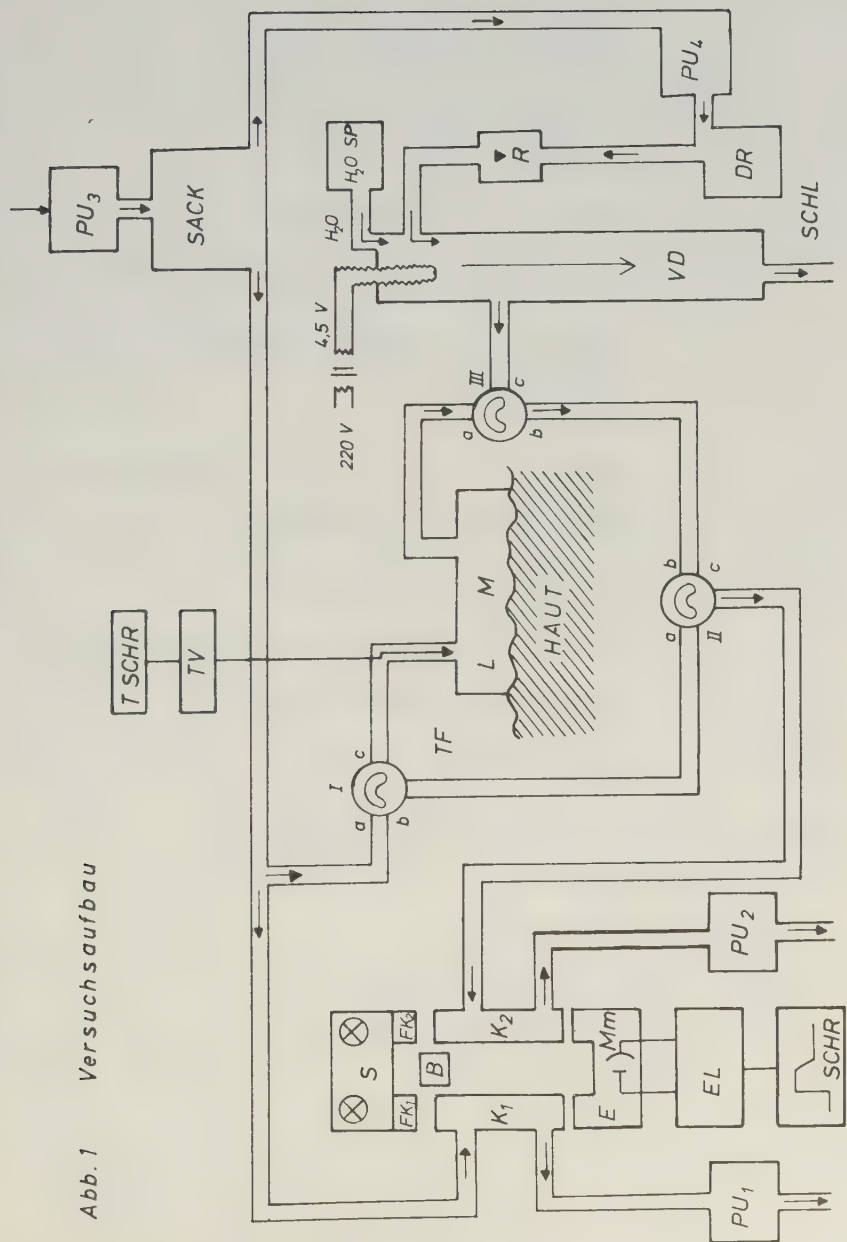
siehe Abb. 1 S.9

d) Die Kalibrierung der Meßapparatur

a) Nullpunkteinstellung

Aus dem Plastiksack, in dem sich die Raumlufte (RL) befindet, strömt Luft durch beide Meßkammern (K_1 und K_2). Zwischen beiden Luftströmen besteht keine Feuchtigkeitdifferenz. Der Ausschlag muß demnach gleich Null sein. Um jedoch bei Veränderungen in einer Küvette eindeutige Aussage machen zu können, in welcher der beiden mehr oder weniger H_2O -Dampf enthalten ist, wird der optische Nullabgleich bewußt "gestört", so daß in einer der beiden Küvetten schon bei gleicher H_2O -Konzentration in K_1 und K_2 weniger Licht absorbiert wird. Durch elektrische Nullpunktverschiebung steht anschließend wieder der volle Skalenbereich zur Verfügung.

Abb. 1 Versuchsaufbau



ABKÜRZUNGEN

S	Infrarotstrahlungseinrichtung mit Lampen und H ₂ O-Dampf-Filterküvetten FK 1 und FK 2
B	rotierende Blende (6Hz)
K _{1,2}	Meßküvette 1 und 2
E	Empfänger mit Membrankondensator (Mm)
EL	elektronische Verstärkung, Gleichrichtung etc. mit Schreiber (SCHR)
PU _{1,2,3,4}	Luftpumpen mit teilweise variablem Durchsatz
I,II,III	Dreiwegehähne
M	Meßkammer
VD	Verdampfer
H ₂ OSP	Wasserspender mit 0,45 ml/h
R	Rotameter
DR	Druckausgleichsflasche
Schl	Schlauch zur Vergrößerung des Diffusionsweges zwischen Raumluft und Eichluft
TF	Temperaturfühler
TV	Thermospannungsverstärkung
TSCHR	Schreiber für Temperaturmessung

β) Eichpunkteinstellung

Gibt man in die Meßkammer eine definierte Wassermenge, so läßt sich daraus eine Kalibrierung ableiten (siehe HWA-Berechnung): 1 Skalenteil entspricht 0,023 mg/cm²/Min. zusätzlichen Wasserdampfes (Berechnung s. Anhang). Dabei ist bereits die Größe der Meßkammer und die Durchflußmenge durch die Meßküvette berücksichtigt.

Unter der Annahme, daß eine Verringerung des Wasserdampfes sich linear auf die Ausschläge auswirkt, erhält man zur Berechnung der Hautwasserabgabe die einfache Beziehung:

$$\text{HWA} \frac{\text{mg}}{\text{cm}^2 \cdot \text{min.}} = \frac{\text{X-Mess}}{\text{X-Eich}} \quad \text{Skalenteile} \quad 0,023 \frac{\text{mg}}{\text{cm}^2 \cdot \text{min.}}$$

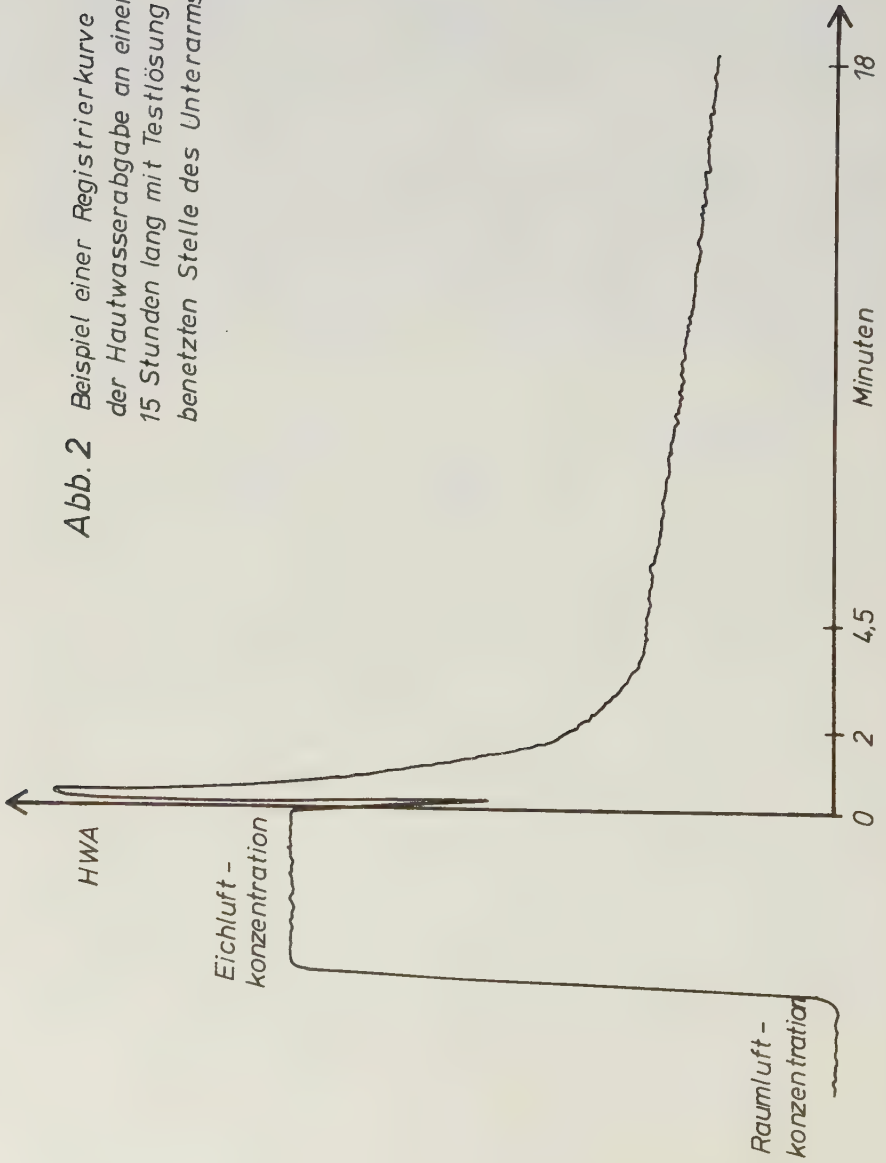
(siehe Anhang).

γ) Meßlufteinstellung (ML)

Zur Bestimmung der Hautwasserabgabe wurde die Meßluft zum einen gegenüber der Eichluft (EL) gemessen, womit die absolut abgegebene Wasserdampfdifferenzmenge bestimmt wurde, zum Zweiten gegenüber der Raumluft (RL) (Abb. 2 S. 12). Bei vorgegebenen konstanten Strömungsgeschwindigkeiten durch die Küvette von 21,8 l/Std., aufrechterhalten durch in Ölbad gedichtete Dosierpumpen, errechnet sich daraus unmittelbar die abgegebene Hautwasserdampfmenge. Es wurde eine ventilierte Meßkammer benützt. Wie wir von FRICKE (17) wissen, kommt es dabei nicht zu einer erheblichen Störung des Mikroklimas, also des Temperatur- und Feuchtegefälles über der Meßstelle, durch die Ventilation.

Mit einem Durchsatz durch das Rotameter (R) von 11,2 cm/sec., tritt Luft aus dem Schlauch in die ellipsenförmige Hautkammer ein. Nach der Kontinuitätsgleichung (siehe nachstehende Rechnung) ergibt sich in der Kammer eine wesentlich geringere Strömungsgeschwindigkeit als im Schlauch: der Volumendurchsatz V bleibt konstant, der Querschnitt F ist jedoch größer geworden.

Abb. 2 Beispiel einer Registrierkurve der Hautwasserabgabe an einer 15 Stunden lang mit Testlösung benetzten Stelle des Unterarms



Schlauchdurchmesser = 0,5 cm

Volumendurchsatz $V = 21,8 \text{ l/h}$

Strömungsgeschwindigkeit der Luft im Schlauch = c

$c = \frac{V}{F}$ (Dichteänderung ist vernachlässigbar klein)

$F = \pi \cdot r^2 = 0,196 \text{ (cm}^2\text{)}$

$V = 21,8 \text{ (L/h)} = 366 \text{ (cm}^3\text{/Min.)} = 6,1 \text{ (cm}^3\text{/sec.)}$

$C = 11,2 \text{ (cm/sec.)}$

=====

F setzt sich aus der Höhe der Kammer von 0,6 cm und einem Wert, der dem arithmetischen Mittel von dem kleinen Ellipsendurchmesser = 5 cm und dem Querschnitt von 3 cm von der Ein- bzw. Auslaßöffnung entspricht und demnach 4 cm beträgt.

Es ergibt sich damit:

$F = 0,6 \cdot 4 = 2,4 \text{ (cm}^2\text{)}$ Durchschnittsströmungsgeschwindigkeit c in der Kammer

$c = \frac{V}{F} = \frac{21,8}{2,4} = 9,0 \text{ (cm/sec.)}$

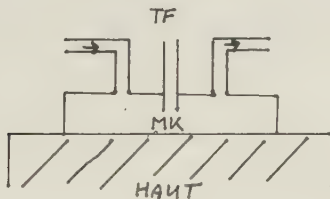
$c = 9,0 \text{ (cm/sec.)}$

=====

Schema der Kammer:

TF = Temperaturfühler

MK = Meßkammer



e) Rechnerische Auswertung der Versuchsergebnisse

Da bei allen Versuchsergebnissen an biologischen Objekten die Meßergebnisse mit Streuungen behaftet sind, ist zur Bewertung eine statistische Analyse notwendig. Sie erfolgte durch Übernahme der

Meßdaten auf Lochkarten und anschließende Auswertung unter Verwendung folgender Programme aus der Sammlung "Biomedical Computer Programs aus dem Department of Biomathematics, School of Medicine University of Los Angeles". DIXON:

BMDO 1D = Simple Description (Mittelwerte, Standardabweichung, Dispersion, Maximal- und Minimalwerte der Meßergebnisse).

BMDO2V = Analysis of Variance for Factorial Design (Zerlegung der Varianz nach Personen, Zeitpunkten, Badelösungen, Restvarianz, Prüfung auf Signifikanz, der Unterschiede zwischen den Badelösungen).

BMDO5D = General Plot including Histogram (Grafische Darstellung der als Zeitverlauf ermittelten Meßdaten).

BMDX 69 = Multivariate Analysis of Variance and Covariance (Zerlegung der Varianz wie bei der BMDO2V, zur Signifikanzprüfung, jedoch unter zusätzlicher Berücksichtigung des Einflusses der individuellen Ausgangswerte).

Zur Aufbereitung der Daten wurden geeignete Hilfsprogramme erstellt.

C.) ERGEBNISSE

Wir untersuchten bei insgesamt 10 Probanden in 2 Durchgängen nach Langzeitbebadung mit verschiedenen Wässern die Änderung des Haut-pH, der Hauttemperatur, der HWA sowie der subjektiven Beobachtung der Versuchspersonen.

Dabei kamen wir zu folgenden Ergebnissen:

I.) Haut-pH

Tabelle 1: Siehe nächste Seite

Tabelle 2: Durchschnittliche Veränderung des Haut-pH bei 10 Probanden (Unterarme) nach 15 Stunden Bebadung mit verschiedenen Wässern bezogen auf den Wert nach 10 Minuten Bebadung mit Leitungswasser bei 28°C.

pH						
O-Wert	Sole	Sole+Ca	E	K	N	Aqua dest.
6,38	-0,13	-0,92	-0,98	-0,79	-2,44	-0,26

Tabelle Nr. 1: Die Tabelle 1 zeigt uns die jeweils aus 3 Meßwerten erstellten Mittelwerte innerhalb der einzelnen Meßfelder an der Volarseite des Unterarms, bei 10 Probanden in zwei Durchgängen.

Von besonderem Interesse dabei waren die durch die einzelnen Wässer hervorgerufenen deutlichen Änderungen der pH-Werte nach 16 Std. Bebadung.

Versuchs- personen Nr.	Ausgangs- wert	Bezugs- wert = 0-Wert	Sole Calcium	E	K	N	Aqua dest.
1	4,22	6,08	4,96	4,80	4,33	4,70	3,83
	4,94	6,24	6,26	5,13	5,43	5,20	4,33
2	3,84	5,79	6,10	5,26	5,40	6,10	4,36
	4,88	6,32	6,51	4,86	5,30	5,38	6,03
3	6,20	6,40	6,43	5,70	5,86	5,66	4,96
	6,57	7,22	6,70	5,86	5,90	6,10	3,66
4	5,46	6,04	5,70	5,20	5,00	5,03	3,33
	6,43	6,29	6,63	6,26	5,90	6,03	4,46
5	4,11	6,31	6,28	5,35	5,41	5,76	6,20
	5,12	6,87	6,36	5,81	5,60	5,23	3,92
6	5,31	6,36	6,37	5,05	5,41	5,50	3,30
	4,91	6,39	6,31	5,99	5,39	5,95	6,61
7	5,17	6,36	6,29	5,17	5,40	5,64	6,04
	5,17	6,39	6,53	5,98	5,50	5,64	3,54
8	5,40	6,45	6,50	5,46	5,40	5,86	6,50
	4,99	6,40	5,73	5,90	5,76	5,53	6,40
9	6,14	6,52	6,37	5,08	5,70	4,60	6,20
	4,93	6,24	6,16	5,53	5,39	5,36	5,57
10	4,19	6,40	6,55	5,90	5,40	5,76	3,65
	5,43	6,49	6,42	5,02	5,06	6,13	3,86
						5,30	3,39
Maximum	3,84	5,79	6,50	6,26	5,00	6,10	5,00
Minimum	6,57	7,22	5,00	4,80	4,30	4,70	3,30
Mittelwert	5,17	6,38	6,25	5,46	5,40	5,59	3,94

Ausgangswert: Individueller pH-Wert der VP (Mittelwert aus 3 Messungen)

Bezugswert: pH-Wert der VP (Mittelwert aus 3 Messungen) nach 10 Minuten Bebadung mit Leitungswasser

Zur statistischen Auswertung unserer Ergebnisse nahmen wir die Varianzanalyse zur Hilfe.

Tabelle Nr. 2a:

Gesamtübersicht: Haut-pH-Wert unmittelbar nach Langzeitbehandlung

Klassifikation	Freiheitsgrade	Durchschnittsquadrate	F-Wert	Effekt Wiederholungs- streuung
Versuchspersonen Variable 1	9	0,6953	$\frac{0,61}{0,12} =$	5,08
Wässer- Variable 2	5	0,06511	$\frac{0,06}{0,12} =$	0,5
Wechselwirkungen 12	45	0,05984	$\frac{0,06}{0,12} =$	0,5
Wiederholungs- streuung	60	0,11648		
Versuchspersonen > Wässer				

Aus oben durchgeführter Berechnung geht hervor, daß der Einfluß der Versuchspersonen gegenüber dem der Wässer überwiegt.

Tabelle Nr. 2b zur statistischen Prüfung:

Zeichenerklärung:

F = F-Test	t = t-Test
p > 0,05	: -
0,05 > p > 0,01	: +
0,01 > p > 0,001	: ++
0,001 > p	: +++

	Unterschiede:									
	Sole H ₂ O		Sole+Ca H ₂ O		E H ₂ O		K H ₂ O		N H ₂ O	
	F	t	F	t	F	t	F	t	F	t
pH-Ausgangswerte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH-Bezugswerte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH nach 15 Std.Bebadung	-	-	-	+++	-	+++	-	+++	-	+++

In Abb. 3, S. 35 sind für jedes Wasser die Mittelwerte mit den zugehörigen Streuungen der Mittelwerte von den pH-Meßwerten, 10 Min. nach Leitungswasserbad und unmittelbar nach Langzeitbebadung eingezeichnet. Man erkennt, daß die Werte 10 Min. nach Leitungswasserbad in etwa vergleichbar sind. Weder mit dem t-Test, noch mit dem F-Test erhält man bei dem Vergleich der einzelnen Wässer mit der H_2O -Stelle signifikante Unterschiede.

Führt man diese Vergleiche ebenfalls für den Zeitpunkt nach der Bebadung durch, so erhält man die Ergebnisse der Tabelle Nr. 2b.

II.) Hauttemperatur

Tabelle 3: Hauttemperatur von 10 Probanden (Unterarme nach 15 Stunden Bebadung (Mittelwert von jeweils 3 Messungen) mit verschiedenen Wässern, gemessen in Grad Celsius

Ver- suchs- pers.	Ausg. wert	Sole	Ausg. wert	Solet Ca	Ausg. Wert	Aqua dest.	Ausg. wert	E	Ausg. wert	K	Ausg. wert	N ₁
1	30,3	30,6	29,6	30,8	28,5	30,9	30,4	31,1	30,5	30,3	29,5	29,5
	31,1	30,4	30,4	29,4	28,9	28,9	31,4	29,4	30,8	29,2	29,9	29,4
2	31,4	31,5	31,3	31,5	30,9	32,1	31,4	31,6	31,9	31,9	31,9	31,2
	30,7	31,8	30,7	31,5	31,2	31,2	31,6	30,0	31,9	31,1	30,9	31,3
3	29,6	28,4	28,8	27,7	28,7	27,6	28,6	28,6	28,3	27,2	28,1	28,0
	30,9	28,4	31,7	29,0	32,4	30,0	31,2	28,4	32,2	28,7	33,2	30,4
4	28,9	28,6	28,7	27,9	30,9	30,0	28,9	27,8	29,5	27,4	29,9	29,5
	28,4	27,4	28,3	28,1	30,9	29,7	28,9	27,1	28,5	26,1	30,2	29,2
5	29,6	30,1	30,7	31,4	31,5	32,0	29,9	29,5	31,2	29,8	31,0	30,1
	29,9	29,8	29,9	30,8	30,8	30,1	30,3	30,0	29,5	30,1	29,5	30,4
6	29,6	29,2	28,0	27,8	26,3	28,3	29,8	29,1	28,5	27,1	27,4	26,2
	30,4	29,0	30,9	29,1	30,9	28,2	29,8	28,7	29,6	27,7	29,4	27,4
7	30,0	29,7	30,2	30,7	29,5	31,1	30,4	29,5	30,1	29,5	30,0	30,0
	30,6	29,4	30,7	30,0	30,9	30,8	31,0	29,1	30,0	28,9	29,5	29,1
8	28,6	28,3	29,3	29,5	28,5	29,5	27,9	27,9	34,7	27,6	34,0	27,3
	30,4	28,6	31,2	30,1	31,8	30,0	29,6	28,2	30,7	28,2	30,0	28,1
9	32,3	30,6	32,7	30,8	33,1	31,5	31,4	29,4	30,7	29,2	29,6	28,3
	32,6	30,2	32,3	29,9	31,5	28,4	31,3	29,6	30,1	28,2	29,2	27,6
10	33,5	31,0	32,3	30,6	32,8	32,2	33,4	31,5	31,7	30,9	31,2	29,9
	32,8	32,7	31,5	32,0	31,3	32,3	33,3	32,2	33,9	32,0	30,3	30,4
Min.	28,4	27,4	28,0	27,7	26,3	27,6	27,9	27,1	28,3	26,1	27,4	26,2
Max:	33,5	32,7	32,7	32,0	33,1	32,3	33,4	32,2	34,7	32,0	33,2	31,2
Mit- tel- wert	30,6	29,7	30,5	29,9	30,6	30,2	30,5	29,4	30,7	29,1	30,2	29,2

Tabelle 3 zeigt die einzelnen HT-Werte, gemessen in Grad Celsius, vor und nach 15. Stund.Bebadung bei 10 Probanden in zwei Durchgängen.
Vergleicht man die Mittelwerte der verschiedenen Wässer mit dem Mittelwert der Ausgangswerte, so sind keine großen Unterschiede zu erkennen.

Tabelle 4: Durchschnittliche Veränderungen der Hauttemperatur von 10 Probanden (Unterarme) nach 15 Stunden Bebadung mit verschiedenen Wässern, gemessen in Grad Celsius

Hauttemperatur	Sole	Sole+Ca	E	K	N	Aqua dest.
Ausgangswert n. Bebadung in Grad C.	-0,9	-0,6	-0,4	-1,1	-1,6	-1,0

Statistische Auswertung mit Hilfe der Varianzanalyse

Tabelle 4a:

Gesamtübersicht:		<u>Hauttemperatur</u>		F-Wert	<u>Effekt</u> <u>Wiederho-</u> <u>lungsstreu-</u> <u>ung</u>
Klassifikation	Freiheitsgrade	Durchschnittsquadrate			
Versuchspers. Variable 1	9	17,95311	$\frac{17,95}{0,5}$	=	35,9
Wässer-Variable 2	5	4,29273	$\frac{4,29}{0,5}$	=	8,58
Wechselwirkungen 12	45	0,81484	$\frac{0,81}{0,5}$	=	1,62
Wiederholungsstreuung	60	0,52783			

Versuchspersonen > Wässer

Man sieht, daß die einzelnen Versuchspersonen gegenüber den Wässern, einen größeren Einfluß besitzen.

Tabelle 4b zur statistischen Prüfung:

F = F-Test t = t-Test

p > 0,05 : -
 0,05 > p > 0,01 : +
 0,01 > p > 0,001 : ++
 0,001 > p : +++

Unterschiede:

	<u>Sole</u> <u>H₂O</u>		<u>Sole+Ca</u> <u>H₂O</u>		<u>E</u> <u>H₂O</u>		<u>K</u> <u>H₂O</u>		<u>N</u> <u>H₂O</u>	
	F	t	F	t	F	t	F	t	F	t
Temperatur vor Bad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatur n. 15 Std. Bebadung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

In Abb. 4, S. 39 sind für jedes Wasser die Mittelwerte mit den zugehörigen Streuungen der Mittelwerte von den Temperaturmeßwerten unmittelbar nach der Langzeitbebadung eingezeichnet. Man erkennt, daß die Ausgangswerte in etwa vergleichbar sind. Weder mit dem t-Test noch mit dem F-Test erhält man bei dem Vergleich der einzelnen Wässer mit der H₂O-Stelle signifikante Unterschiede. Führt man diese Vergleiche ebenfalls zu dem Zeitpunkt nach der Bebadung durch, so erhält man die Ergebnisse der Tabelle 4b.

III.) Hautwasserabgabe

Hautwasserabgabe (HWA) bei 10 Probanden VP_1 bis VP_{10} (Unterarme) ohne Bebadung = Ausgangswert (2 Min., 4,5 Min.) gemessen in $\frac{10^{-7} \text{ l}}{\text{min cm}^2}$ und nach Bebadung (2 Min., 4,5 Min., 18 Min.) mit verschiedenen Wässern.

Tabelle 5: Versuchsperson 1:

	Ohne Bad = Ausg.Wert		Nach Bad		
	2 Min.	4,5 Min.	2 Min.	4,5 Min.	18 Min.
Sole	0,30	0,20	0,77	0,62	0,37
	0,25	0,20	0,57	0,48	0,28
Sole +	0,13	0,11	0,90	0,62	0,30
Ca	0,20	0,15	0,84	0,54	0,29
Aqua	0,17	0,16	0,86	0,78	0,51
dest.	0,22	0,21	1,60	1,13	0,74
E	0,17	0,14	0,80	0,65	0,43
	0,16	0,12	0,81	0,62	0,37
K	0,16	0,15	1,51	0,96	0,55
	0,16	0,12	0,77	0,62	0,35
N	0,24	0,14	2,19	1,52	1,17

Tabelle 6: Versuchsperson 2:

	ohne Bad = Ausg.Wert		Nach Bad		
	2 Min.	4,5 Min.	2 Min.	4,5 Min.	18 Min.
Sole	0,15	0,15	0,45	0,36	0,23
	0,37	0,28	0,45	0,35	0,21
Sole +	0,12	0,06	0,74	0,61	0,31
Ca	0,25	0,21	0,83	0,52	0,32
Aqua	0,19	0,14	0,87	0,64	0,42
dest.	0,33	0,28	1,28	1,00	0,56
E	0,41	0,14	0,31	0,26	0,19
	0,28	0,24	0,67	0,50	0,28
K	0,27	0,11	0,54	0,38	0,23
	0,34	0,25	0,41	0,34	0,19
N	0,18	0,10	0,57	0,30	0,21
	0,27	0,23	0,52	0,43	0,28

Tabelle 7: Versuchsperson 3:

	Ohne Bad = Ausg.-Wert		Nach Bad		
	2 Min.	4,5 Min.	2 Min.	4,5 Min.	18 Min.
Sole	0,08 0,22	0,06 0,20	0,66 0,52	0,54 0,45	0,33 0,26
Sole +	0,27	0,25	0,71	0,56	0,28
Ca	0,17	0,13	0,65	0,48	0,22
Aqua	0,22	0,21	1,43	1,11	0,74
dest.	0,24	0,17	0,72	0,52	0,33
E	0,14 0,09	0,11 0,08	0,80 0,75	0,66 0,44	0,40 0,32
K	0,17 0,10	0,13 0,09	0,84 0,78	0,83 0,53	0,59 0,24
N	0,24 0,17	0,17 0,16	1,24 0,38	1,13 0,35	1,29 0,25

Tabelle 8: Versuchsperson 4:

	Ohne Bad = Ausg.-Wert		Nach Bad		
	2 Min.	4,5 Min.	2 Min.	4,5 Min.	18 Min.
Sole	0,30 0,16	0,19 0,12	0,78 1,04	0,55 0,78	0,27 0,39
Sole +	0,13	0,11	0,99	0,60	0,28
Ca	0,14	0,11	1,60	1,14	0,51
Aqua	0,13	0,12	0,75	0,47	0,26
dest.	0,30	0,10	1,52	1,07	0,48
E	0,20 0,10	0,16 0,09	1,29 1,28	1,02 0,88	0,61 0,43
K	0,15 0,14	0,13 0,12	1,02 1,36	0,79 0,98	0,41 0,52
N	0,13 0,12	0,10 0,10	0,68 1,92	0,46 1,02	0,37 0,44

Tabelle 9: Versuchsperson 5:

	Ohne Bad = Ausg.-Wert		Nach Bad		
	2 Min.	4,5 Min.	2 Min.	4,5 Min.	18 Min.
Sole	0,15	0,13	0,49	0,43	0,23
	0,23	0,18	1,53	1,19	0,61
Sole +	0,11	0,11	0,91	0,72	0,39
Ca	0,20	0,20	1,63	1,19	0,59
Aqua	0,14	0,13	1,22	0,93	0,57
dest.	0,19	0,17	3,30	2,35	1,17
E	0,20	0,15	1,31	0,89	0,62
	0,09	0,14	1,29	0,99	0,56
K	0,14	0,09	0,75	0,55	0,34
	0,46	0,16	2,09	1,76	0,84
N	0,17	0,12	0,83	0,56	0,44
	0,17	0,16	2,17	1,61	0,91

Tabelle 10: Versuchsperson 6:

	Ohne Bad = Ausg.-Wert		Nach Bad		
	2 Min.	4,5 Min.	2 Min.	4,5 Min.	18 Min.
Sole	0,27	0,23	0,90	0,60	0,29
	0,13	0,13	0,54	0,39	0,22
Sole +	0,20	0,10	0,76	0,65	0,25
Ca	0,10	0,09	0,59	0,49	0,23
Aqua	0,16	0,12	0,76	0,65	0,25
dest.	0,16	0,14	0,59	0,49	0,23
E	0,17	0,12	2,26	1,33	0,87
	0,11	0,08	1,02	0,92	0,54
K	0,25	0,12	0,84	0,66	0,40
	0,10	0,10	0,74	0,57	0,31
N	0,16	0,12	1,72	1,21	0,65
	0,14	0,11	0,69	0,52	0,33

Tabelle 11:

Versuchsperson 7:

	Ohne Bad = Ausg.-W.		Nach Bad		
	2 Min.	4,5 Min.	2 Min.	4,5 Min.	18 Min.
Sole	0,20	0,17	0,92	0,65	0,31
	0,20	0,18	1,00	0,73	0,34
Sole +	0,24	0,16	0,82	0,54	0,34
Ca	0,20	0,18	0,84	0,60	0,32
Aqua	0,30	0,18	1,00	0,72	0,69
dest.	0,24	0,21	0,85	0,72	0,53
E	0,34	0,23	0,95	0,68	0,43
	0,19	0,17	0,69	0,55	0,40
K	0,27	0,13	0,70	0,62	0,46
	0,20	0,13	1,30	0,91	0,54
N	0,27	0,22	0,88	0,76	0,47
	0,13	0,16	0,55	0,43	0,28

Tabelle 12:

Versuchsperson 8:

	Ohne Bad = Ausg.-W.		Nach Bad		
	2 Min.	4,5 Min.	2 Min.	4,5 Min.	18 Min.
Sole	0,13	0,10	0,52	0,41	0,20
	0,13	0,10	0,60	0,41	0,21
Sole +	0,13	0,09	0,58	0,42	0,20
Ca	0,09	0,08	0,53	0,37	0,16
Aqua	0,15	0,12	1,46	1,11	0,57
dest.	0,12	0,11	1,05	0,83	0,54
E	0,16	0,10	0,53	0,43	0,26
	0,12	0,10	0,80	0,56	0,35
K	0,28	0,28	0,64	0,51	0,32
	0,10	0,09	0,86	0,62	0,34
N	0,25	0,15	1,06	0,86	0,52
	0,11	0,11	1,66	1,24	0,67

Tabelle 13: Versuchsperson 9:

	Ohne Bad = Ausg.-W.		Nach Bad		
	2 Min.	4,5 Min.	2 Min.	4,5 Min.	18 Min.
Sole	0,04	0,06	0,28	0,22	0,15
	0,26	0,18	0,36	0,27	0,16
Sole +	0,02	0,05	0,48	0,38	0,23
Ca	0,15	0,17	0,53	0,36	0,20
Aqua	0,17	0,16	0,80	0,69	0,53
dest.	0,17	0,16	1,05	0,57	0,45
E	0,10	0,09	0,31	0,25	0,18
	0,10	0,09	0,44	0,33	0,24
K	0,10	0,08	0,75	0,55	0,30
	0,11	0,08	0,69	0,51	0,32
N	0,16	0,12	0,62	0,57	0,44
	0,14	0,11	0,60	0,49	0,31

Tabelle 14: Versuchsperson 10:

	Ohne Bad = Ausg.-Wert		Nach Bad		
	2 Min.	4,5 Min.	2 Min.	4,5 Min.	18 Min.
Sole	0,07	0,09	0,31	0,24	0,14
	0,27	0,27	0,61	0,47	0,25
Sole +	0,23	0,17	0,63	0,54	0,40
Ca	0,29	0,26	0,84	0,64	0,28
E	0,13	0,09	0,46	0,33	0,26
	0,26	0,28	0,37	0,33	0,22
K	0,06	0,04	0,53	0,42	0,32
	0,34	0,34	0,49	0,42	0,29
N	0,23	0,20	1,73	1,42	1,06
	0,88	0,83	0,99	0,82	0,58

Tabelle 15: Durchschnittswerte der Hautwasserabgabe (HWA) bei 10 Probanden VP_1 bis VP_{10} vor und nach Bebadung mit verschiedenen Wässern gemessen in $\frac{\mu l}{min \cdot 10^{-1} cm^2}$
- Mittelwerte aller Probanden -

	Ohne Bad = Ausg.-W.		Nach Bad		
	2 Min.	4,5 Min.	2 Min.	4,5 Min.	18 Min.
Sole	0,20	0,16	0,67	0,52	0,27
Sole +Ca	0,17	0,14	0,82	0,60	0,31
Aqua dest.	0,23	0,19	1,25	0,90	0,59
K	0,18	0,14	0,87	0,58	0,36
N	0,20	0,14	0,90	0,69	0,40
E	0,22	0,18	1,09	0,76	0,56

Die Tabellen 5 - 14 zeigen die Hautwasserabgabe vor und nach Benetzung mit verschiedenen Testlösungen bei 10 Probanden in 2 Durchgängen. Vor dem Bad bestimmten wir die HWA nach 2 Min. und 4,5 Min. und nach 15 stündiger Bebadung nach 2 Min., 4,5 Min. und 18 Min.

Aus Tabelle 15 und besonders aus der Tabelle 16 geht hervor, daß die einzelnen Wässer einen erheblichen Einfluß auf die Hautwasserabgabe haben. Dieses Ergebnis wird uns durch die Varianzanalyse bestätigt.

Tabelle 16: Steigerung der HWA bei 10 Probanden VP_1 - VP_{10} nach Langzeitbebadung mit verschiedenen Wässern gemessen in % des mittleren Ausgangswertes.

Sole	Sole + Ca	Aqua dest.	K	N	E
68 %	94 %	269 %	125 %	150 %	250 %

VarianzanalyseGesamtübersicht:Tabelle 17: Hautwasserabgabe

Klassifikation	Freiheitsgrade	Durchschnitts- quadrate	F-Wert	Effekt Wiederho- lungsbetreu- ung
Versuchspers. Variable 1	9	116,30921	$\frac{116,3}{9,7} =$	12,2
Wasser- Variable 2	5	166,15658	$\frac{166,15}{9,7} =$	17,1
Meßzeitpunkt n.Bade-Vari- able 3	2	733,41419	$\frac{733,4}{9,7} =$	75,7
Wechselwirkungen 12	45	13,17075	$\frac{13,17}{9,7} =$	1,03
13	18	12,43926	$\frac{12,43}{9,7} =$	1,02
23	10	4,77703	$\frac{4,77}{9,7} =$	0,49
123	90	1,78805	$\frac{1,78}{9,7} =$	0,18
Wiederholungs- streuung	180	9,70044		

Zeiten > Wasser > Versuchspersonen

Man sieht, daß die Zeitpunkte den größten Einfluß haben. Der Zeitverlauf legt nahe, für den letzten Zeitpunkt eine getrennte Berechnung durchzuführen.

Tabelle 17a: 18 Minutenwert:

Klassifikation	Freiheitsgrade	Durchschnittsquadrate	F-Wert	Effekt Wiederholungsstreuung
Versuchspers. Variable 1	9	10,21904	$\frac{10,22}{3,2} =$	3,93
Wasser- Variabl. 2	5	34,11220	$\frac{34,11}{3,2} =$	11,0
Wechselwirkungen 12	45	2,13924	$\frac{2,14}{3,2} =$	0,66
Wiederholungs- streuung	60	3,21350		

Aus der gesonderten Berechnung für den letzten Zeitpunkt geht hervor, daß der Wässereinfluß gegenüber demjenigen der Versuchspersonen deutlich überwiegt.

Wässereinfluß > Versuchspersonen

Tabelle 17b zur statistischen Prüfung der HWA:

F = F-Test	t = t-Test
1,0 > p > 0,05	: -
0,05 > p > 0,01	: +
0,01 > p > 0,001	: ++
0,01 > p	: +++

Unterschiede:

	$\frac{\text{Sole}}{\text{H}_2\text{O}}$		$\frac{\text{Sole+Ca}}{\text{H}_2\text{O}}$		$\frac{\text{E}}{\text{H}_2\text{O}}$		$\frac{\text{K}}{\text{H}_2\text{O}}$		$\frac{\text{N}}{\text{H}_2\text{O}}$	
	F	t	F	t	F	t	F	t	F	t
vor Bad										
2 Min.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
4,5 Min.	+	-	+	-	++	-	-	-	-	-
nach Bad										
2 Min.	++	++	++	++	++	++	-	+	-	-
4,5 Min.	+	+++	++	++	+	++	+	-	-	-
18 Min.	++	+++	++	+++	-	+++	-	++	+	-

Ergab sich aus dem F-Test ein signifikanter Unterschied bei den Streuungen zwischen den mit einem der Wässer bzw. mit destilliertem Wasser bebadeten Versuchspersonen, so wurde für den t-Test die sogenannte "separated Variance-estimation" verwendet, andernfalls konnte die "gepoolte Variance" verwendet werden (Programm BMD 13 D von DIXON).

IV.) Subjektive Befunde:

Tabelle 18: Subjektive Befunde zur Hautbeschaffenheit bei 10 Probanden nach 15 stündiger Bebadung (Unterarme) mit verschiedenen Wässern nach zwei Durchgängen. Die Zahlen geben die Häufigkeit der Befunde an.

	Aqua dest.	Sole + Ca	Sole	N	K	E
Unauffälligkeit	12	12	13	8	11	10
Farbänderung	0	0	0	9	0	0
Runzelige Haut	3	4	2	0	1	3
Quellung	0	4	3	3	3	3
Rötung	1	1	2	0	1	0
Juckreiz	6	2	2	3	4	5

Die oben angeführte Tabelle zeigt uns, daß die Wässer bei der Mehrzahl der Probanden keine subjektiven Hautveränderungen hervorriefen. Beim Nordfeldwasser war eine Farbänderung in 9 Fällen zu verzeichnen, eine Quellung der Haut bei Sole mit Ca-Zusatz in 4 Fällen. Ein Juckreiz war am häufigsten (bei 6 Probanden) nach Luftzutritt beim Aqua dest. zu verzeichnen.

D.) LITERATURÜBERSICHT UND DISKUSSION

Kritische Betrachtung des Versuchsaufbaus zur HWA

Mit unserer Versuchsanordnung Abb. 1 S. 9, war es uns möglich, die HWA kontinuierlich zu messen. Dies bedeutete einen großen Vorteil gegenüber den nicht ventilierten Systemen. Indem Raumluft und nicht wasserfreie Luft über die Hautstelle geleitet wurde, blieb das Temperatur- und Feuchtegefälle, das sich nach HEERD und OHARA (20), normalerweise über der Haut aufbaut, erhalten. Eine geringe Trägheit mußte durch das Schlauchsystem, das die Hautkammer mit dem URAS verband, in Kauf genommen werden.

Haut-pH-Messung

pH-Wert in der Literatur

Zahlreiche Autoren bemühten sich, den pH-Wert der Haut zu ermitteln.

1.) MARCHIONINI (39), der den Ausdruck "Säuremantel der Haut" prägte, beschäftigte sich mit dem Problem des Haut-pH-Wertes und fand mit seiner eigens für diesen Zweck konstruierten Wasserstoff-Glocken-Elektrode im Jahre 1927 gemeinsam mit Schade den überraschend hohen Säuregrad von pH 3,0 bis 5,0, der jedoch nach neueren Messungen mit Sicherheit zu tief liegt. Er führte diese Tatsache zunächst auf den Schweiß zurück, entdeckte dann aber, daß der pH von frischem Schweiß über seinem gemessenen Haut-pH-Wert lag.

2.) BLANK (6) führte im Jahre 1939 als erster umfangreiche Haut-pH-Bestimmungen mit einer Glaselektroden-Meßkette durch und kam auf Werte zwischen 5,0 und 6,0. Er gab maximale pH-Schwankungen von 2,3 pH-Einheiten an derselben Stelle gemessen an. Diese konnte später LOTMAR (36) auf 0,4 bis 0,5 pH-Einheiten eingrenzen. BLANK hat wahrscheinlich zwischen den Messungen liegende Reinigungen seiner Probanden mit Seife, Wasser oder Kosmetika zu wenig berücksichtigt. EPPRECHT (15) stellte erstmals den großen Vorteil der Glas-pH-Meßelektroden heraus und erwähnte die auch von uns benutzte Oberflächenmeßkette nach Ingold als Voraussetzung für eine re-

produzierbare pH-Messung an der Hautoberfläche. Die pH-Werte seiner Messungen bewegten sich zwischen 5,0 und 6,0.

3.) STÜTTGEN (52) schreibt, daß der Schweiß bei direkter Gewinnung aus den schweißführenden Gängen einen pH-Wert von 5,5 - 6,75 hat, und daß er erst durch Auflösung der entsprechenden Substanzen der Hautoberfläche seinen stärker sauren Charakter gewinnt.

LOTMAR (38) testete im Rahmen ihrer Messungen des Haut-pH's nach Bebadung mit verschiedenen Thermalwässern und Heilmooren auch die Rheinfelder Sole (6%). Sie kam zu dem Ergebnis, daß die Veränderung des Haut-pH nach Bebadung mit Mineralwasser und Moorbädern durchaus mit dem Verhalten nach Leitungswasserbädern vergleichbar ist, pH-Schwankungen von 0,7 - 1,0 im Einzelfall.

Eigene pH-Werte

Wir untersuchten das Verhalten des Haut-pH nach Bebadung mit verschiedenen Wässern, verglichen mit dem Ausgangshaut-pH (nach 10 minütiger Bebadung mit Leitungswasser von 28°C).

pH ist die Wasserstoffionenkonzentration in einem flüssigen Medium. Bei einer trockenen Hautoberfläche kann man also keinen Haut-pH-Wert messen.

Als Ausgangs-pH wurde deshalb das Haut-pH nach 10 minütiger Bebadung mit Leitungswasser definiert. Diese Prozedur sollte vergleichbare, möglichst wenig von Zufälligkeiten beeinflusste Ausgangs-pH-Werte zwischen den verschiedenen VP's schaffen. Dieses ist uns wohl auch im wesentlichen gelungen, wie aus dem Vergleich der Haut-pH-Differenzen vor und nach der Leitungswasserbebadung hervorgeht.

Vor Bebadung mit Leitungsw.

Nach Bebadung mit Leitungsw.

Haut pH	Schwankungs- breite		
Max.: 3,84	} 2,73	Max.: 5,79	} 1,43
Mittelw.: 5,17		Mittelw.: 6,38	
Min.: 6,57		Min.: 7,22	

Zur Auswertung unserer Ergebnisse nahmen wir die Varianzanalyse zur Hilfe. Aus der Gesamtübersicht S. 17 geht hervor, daß insgesamt betrachtet, der individuelle Unterschied der einzelnen Ver-

suchspersonen größer ist, als der Einfluß der Wässer auf den pH-Wert der Haut nach Langzeitbebadung.

Schon SZAKALL (53) hatte gefunden, daß das Haut-pH vorwiegend durch die in der Hornschicht vorhandenen freien und herauslösbaren Aminosäuren bedingt ist.

Betrachten wir nun die Wässer vor und nach Langzeitbebadung im einzelnen: Abb. 3 siehe nächste Seite. Vor der Benetzung mit den flüssigkeitsgetränkten Mullflecken lagen die pH-Werte im üblichen Bereich, d.h. sie gruppierten sich um einen Mittelwert von etwa $\text{pH} = 5,0$ mit erheblicher Streuung, gekennzeichnet durch die Standardabweichung von etwa $\pm 1,0$ pH Einheiten.

Nach 10 minütigem Bad in Leitungswasser, das oberflächlich liegende Verunreinigungen, Schweißrückstände und Stoffwechselprodukte wegwaschen sollte, stellte sich ein pH-Mittelwert von 6,38 mit der bedeutend verringerten Standardabweichung von etwa 0,3 Einheiten ein.

Die 15 stündige Benetzung brachte zum Teil wesentliche Veränderungen der aktuellen Hautreaktion mit sich, es wurden, wie in Abb. 3 Seite 35/36 aufgezeichnet, folgende pH-Werte gemessen:

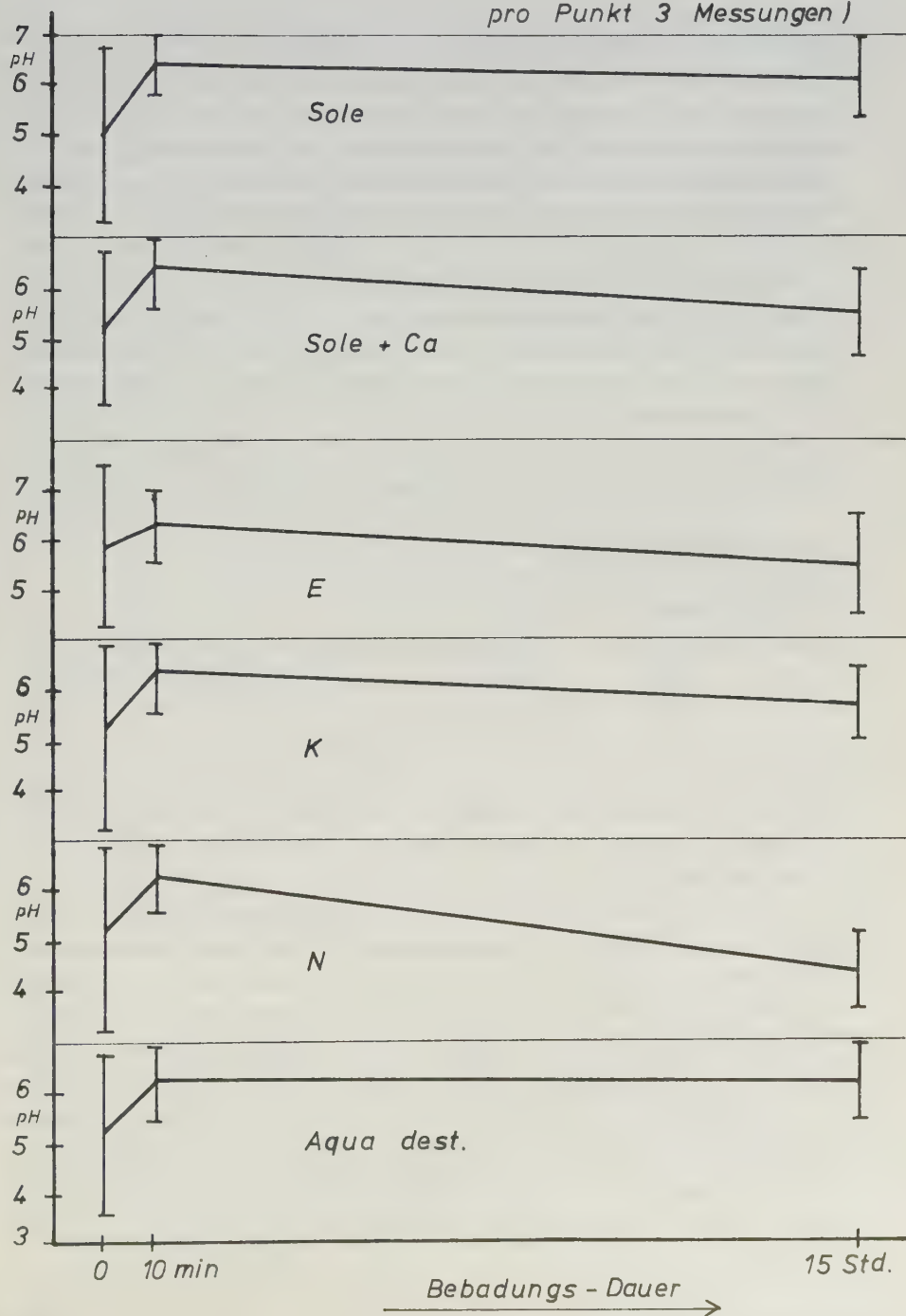
<u>Sole</u>	<u>Sole + Ca</u>	<u>E</u>
$6,25 \pm 0,75$	$5,46 \pm 0,73$	$5,40 \pm 0,35$
<u>K</u>	<u>N</u>	<u>W</u>
$5,59 \pm 0,7$	$3,94 \pm 0,85$	$6,12 \pm 0,84$

Wir sehen, daß die Hautoberfläche sich nach der Langzeitbebadung dem pH-Wert der jeweiligen Benetzungsflüssigkeit nähert, besonders eindrucksvoll am N-Wasser. Der Chemismus dieser Flüssigkeit gewinnt also gegenüber den Einflüssen der Hautinhaltsstoffe die Oberhand.

Vergleicht man die einzelnen pH-Werte, so weisen E- und N-Wasser eine gewisse Ähnlichkeit durch die stark saure Reaktion auf, während das K-Wasser, die Sole und die Sole + Ca in der Wasserstoffionenkonzentration näher am Neutralpunkt liegen und etwa den pH-

Abb. 3 ³⁵ Haut -pH-Veränderungen nach Langzeitbebadung

(Durchschnitte aus je 20 Versuchen,
pro Punkt 3 Messungen)



Wert der unbeeinflussten Hornhautoberfläche zeigen.

Somit muß die unterschiedliche Verhaltensweise wohl in anderen chemischen oder physikalisch-chemischen Verhaltensweisen zu suchen sein. Hinsichtlich des Mineralstoffgehalts sind die Wässer aus dem Nordfeld- und dem Knappensee mit je ungefähr 3 g/Liter vergleichbar, wogegen das Wasser vom Edelmanweiher durch geringe Mineralisation herausfällt. Vielleicht spielt der Gehalt am zweiwertigen Eisen beim N-Wasser mit über 300 mg/Liter eine Rolle, der bei den anderen Wässern fast zu vernachlässigen ist.

Insgesamt wird bei den Braunkohlewässern für die sauren pH-Werte zusätzlich das Vorherrschen von Sulfatäquivalenten verantwortlich gemacht, die aus der Oxidation von in Ton und Resterzen enthaltenen Pyrit stammen.

Abschließend können wir sagen, daß die Versuchstechnik das Ziel einer intensiven, durchgreifenden Einwirkung auf die Haut erreicht.

Hauttemperaturmessung

In der Literatur:

Bei der Vielzahl der zu diesem Thema vorhandenen Literatur wurden nur solche Arbeiten herausgegriffen, die zur Beurteilung der eigenen Ergebnisse besonders wichtig waren.

Den Ort der Wärmeabgabe stellen beim menschlichen Organismus die Kontaktflächen zwischen Außenluft und Körper, also Haut und Schleimhaut der Atemwege dar. Der weitaus größte Teil der Wärmeabgabe erfolgt über die Haut. Die Wärmeabgabe muß darüber hinaus der durch die eigene Tätigkeit bestimmten Wärmebildung anpaßbar sein. Änderungen der Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und die Kleidung können bei gleicher Außentemperatur die Wärmeabgabe erheblich verschieben. Steigt beispielsweise die Außentemperatur an, so wird das Temperaturgefälle zwischen Haut und Umgebung kleiner. Es müßte somit der Wärmestrom nach außen ab-, die Kerntemperatur also zunehmen. In Wirklichkeit bleiben aber Wärmestrom und Kerntemperatur konstant, weil der Wärmewiderstand der Haut durch reflektorische Dilatation der Hautgefäße abnimmt. Der Wärmestrom verlagert sich dadurch immer mehr in die Peripherie, die Hauttemperatur steigt

an, gleichzeitig nimmt wegen der verbesserten Hautdurchblutung die Verdunstung zu. REICHEL und BLEICHERT (45).

Die Thermometrie geht auf Galilei Galileis um 1600 zurück. Zur selbstverständlichen und uralten Prüfung der Hautwärme diente vor Einführung des Thermometers die Hand des Arztes. Soweit zu übersehen, hat sich mit wirklichen Messungen erstmalig der Engländer Davy Cobet 1814 beschäftigt.

Im Bereich der vasomotorischen Temperaturregulation von 26,5 - 30,5°C Umgebungstemperatur, in dem die Extremitäten zu den entscheidenden Steuerorganen werden, sind die beteiligten physikalischen Vorgänge in Rechnung zu setzen. Zu berücksichtigen ist nach ASCHOFF (2) ein passives Folgen der HT mit der Raumtemperatur, beide zeigen den gleichen Tagesgang. Eine Verknüpfung dieser beiden Effekte ist wahrscheinlich, da ja die Temperatur vielen biologischen Vorgängen als Rhythmusgeber dient. Nach ASCHOFF (4) strömt die im Kerngebiet des Körpers gebildete Innentemperatur mit einem bestimmten Gefälle durch die Körperschale in die Umgebung. Dabei bildet die Oberflächentemperatur der Haut, die in unserem Klimabereich erheblich variiert, einen Punkt dieses radialen Temperaturgradienten.

Bei Temperaturen unter 24°C kommt die chemische Wärmeregulation durch die Steigerung des Umsatzes zum Tragen.

ASCHOFF (3) schreibt, daß die Hauttemperatur, bewirkt durch den Durchblutungszuwachs beträchtlich zunimmt. Dies wird besonders an den Extremitäten deutlich, bedingt dadurch, daß bei steigender Raumtemperatur der venöse Rückstrom von den tiefen auf die oberflächlichen Venen umgeleitet wird.

Nach TRINCKER (58) ist die Hauttemperatur vom Verhalten der Tagesperiodik der Körpertemperatur abhängig.

Dieses Ergebnis bestätigt HILDEBRANDT (23), der feststellte, daß es morgens bei peripherer Vasokonstriktion und niedriger, aber im Verlauf des Vormittags ansteigender Hauttemperatur zu einem Aufheizen des Körperkerns kommt, dem eine abendliche Entwärmung mit Vasodilatation und hoher, aber absinkender Hauttemperatur folgt.

Nach WEVER (63) wird das morgendliche Ansteigen der Hauttemperatur durch die am Morgen niedrige HWA unterstützt, da durch dieses

Verhalten die hauttemperatursenkende Verdunstungseffekte der HWA vermindert sind. Am Abend liegt die HWA höher als vormittags und bewirkt nun durch vermehrten Wärmeverlust infolge Verdunstung auch eine Senkung der Hauttemperatur.

Somit sind die 4 veränderlichen Einflußgrößen der Hauttemperaturen:

1. die Kerntemperatur, 2. die Umgebungstemperatur und die beiden Koeffizienten für den äußeren und inneren Wärmeübergang einschließlich der Temperaturbedingungen. PFLEIDERER und BÜTTNER (43) kamen zu dem Ergebnis, daß die Temperaturen gleicher Hautbezirke unter gleichen Umgebungsbedingungen einer individuellen Streuung unterliegen.

Eigene Hauttemperaturmessung:

Wie wir von STÜTTGEN (52) wissen, spielen bei der Hauttemperatur aktive, passive und reaktive Veränderungen eine wesentliche Rolle.

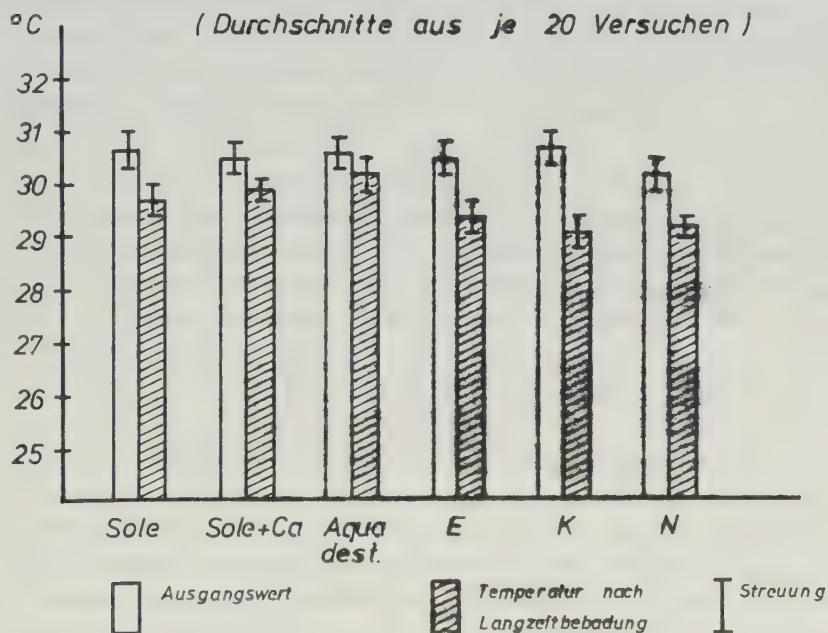
Unter Berücksichtigung dieser Premissen sind die relativ hohen Schwankungen der Temperaturwerte unserer Versuchspersonen zu erklären, trotz vollklimatisiertem Meßraum, d.h. gleichbleibende Raumtemperatur von 23°C und Luftfeuchtigkeit von 48-60%. Die Anpassungszeit würde einige Stunden betragen.

Bei unseren Messungen zum Verhalten der Hauttemperatur nach Behandlung mit verschiedenen Wässern von Raumtemperatur, ergab sich folgendes: s. Abb. 4 S. 39.

Ein nachweisbarer Einfluß der Wasserart auf die Hauttemperatur liegt danach nicht vor. Berücksichtigt man zudem, daß schon die Ausgangswerte zwar nicht signifikant, aber doch deutlich unterscheidbar sind.

Abb. 4

Hauttemperatur-Veränderungen nach Langzeitbebadung



Hautwasserabgabe

In der Literatur

Seit den Versuchen von SEGUIN und LAVOISIER (50) weiß man, daß die Haut laufend Wasserdampf abgibt. Die Perspiratio insensibilis war seitdem Gegenstand vieler Untersuchungen, deren Ziel es ist, den Mechanismus und die funktionelle Bedeutung der Hautwasserabgabe zu klären.

Dabei stellte man fest, daß der Anteil der Perspiratio insensibilis an der Gesamtwärmeabgabe des Körpers im thermoindifferenten Bereich (bei 50% rel. Luftfeuchtigkeit und geringen Windgeschwindigkeiten) etwa 20% beträgt. Allerdings gelangten die einzelnen Untersucher zu verschiedenen Erklärungen über den Mechanismus der Hautwasserabgabe.

KAUFMANN und Mitarbeiter (27), sowie WEILER (60) nehmen an, daß die Perspiratio insensibilis aus einem Diffusions- und einem Sekretionsmechanismus besteht. BÜTTNER (10) vermutet einen aktiven Transportmechanismus in Form einer Pumpe, welche Wasserdampf gegen ein Konzentrationsgefälle in der Haut transportiert.

HEERD und OPPERMANN (21) und TILL (56) sind der Meinung, daß die Hautwasserabgabe auf einem rein passiven Diffusionsvorgang beruht.

So wie der Mechanismus der Hautwasserabgabe nicht schlüssig bewiesen wurde, weichen auch die absoluten Werte der Hautwasserabgabe der einzelnen Autoren zum Teil stark voneinander ab. Grund dafür dürften wohl teilweise die methodischen Schwierigkeiten sein, die Hautwasserabgabe zu messen und zu registrieren. Außerdem können äußere und innere Faktoren die Hautwasserabgabe beeinflussen (ANGELE, 1). Die äußeren Faktoren sind die Umwelteinflüsse, wie Raumtemperatur KUNO (33), rel. Luftfeuchtigkeit, Luftbewegungen, Luftdruck und jahreszeitliche Schwankungen. Die inneren Faktoren sind die Beschaffenheit der Hautoberfläche (behaarte Regionen bilden durch die trichterförmigen Einbuchtungen der Haarschäfte und Wurzelscheiden eine größere Hautoberfläche als unbehaarte) (STÜPEL und SZAKALL, 51). Weiter spielt die unterschiedliche Stärke der Hautverhornung eine Rolle (KLIGMAN, WINSOR, BLANK (31,62,6)).

Andere Autoren wie SZAKALL (53,54) machen allein die unterschiedliche Dicke der sogenannten Barrierschicht für die Menge der Hautwasserabgabe verantwortlich. Die wasserspeichernde Fähigkeit hängt nicht vom Lipoidgehalt der Hornschicht ab, sondern von den stark hygroskopisch wasserlöslichen Hautsubstanzen. Es ist ein Stoffgemisch von freien Aminosäuren, Purinkörpern, Hexosen, Pentosen, Harnstoff und deren Abfallprodukte.

Die Lipide jedoch sind unentbehrlich bei der Fixierung der wasserlöslichen Stoffe mit denen sie Emulsionen eingehen (Wasser in Öl oder Öl in Wassertyp) (HERMANN, SULZBERGER (22)).

Auch die Hauttemperatur als Bestimmungsgröße für den Sättigungsdruck des Wasserdampfes auf die Hautoberfläche beeinflusst die HWA. LOEWY und WECHSELMANN (35), MOOG (41,42), SCHÖLMERICH und HILDEBRANDT (49), WEBB, GARLINGTON und SCHWARZ (59). Sie behaupten, daß der extraglanduläre Anteil der Perspiratio insensibilis direkt abhängig ist von der Hauttemperatur.

Die Hauttemperatur andererseits wird bestimmt aus dem Wechselspiel von Wärmezufuhr aus dem Körperinneren zur Haut und auf der anderen Seite der Wärmeabgabe der Haut an die Umgebung.

Die Wärmezufuhr ist prinzipiell auf 3 Arten möglich:

1. durch den Hautstoffwechsel
2. als konduktive Zuleitung und
3. als konvektive Wärmezufuhr durch den Blutstrom.

Die Wärmeabgabe findet im wesentlichen durch die regulatorische Wirkung der Wärmestrahlung (60%), der Wärmeleitung, der Konvektion (20%) und durch die der HWA statt, REIN (46).

Die Ansicht, daß die HWA nach dem oben angeführten direkt von der Durchblutung abhängig sei, läßt sich nicht beweisen (BETZ (5)). Schließlich spielt es eine wesentliche Rolle, an welcher Hautregion die HWA stattfindet, insbesondere wenn man wie viele Autoren, KUNO, MARCHIONINI (34,39) annimmt, daß die insensible HWA aus einem glandulären und einem extraglandulären Anteil bestehe. Demnach haben auch die Schweißdrüsen einen Anteil an der insensiblen HWA. Die ekkrinen Drüsen sind über die ganze Körperoberfläche verteilt, die größeren apokrinen Drüsen sind in der Achselhöhle, den Brust-

warzen und in der Schamgegend (WEINER, IKEUCHI (61,24)). Es muß auch berücksichtigt werden, daß die Schweißdrüsen an den verschiedenen Stellen des Körpers in verschiedener Dichte zu finden sind. KUNO (34), WEINER (61) und HERMANN (22) machten quantitative Untersuchungen über die Schweißsekretion und kamen zu folgendem Ergebnis:

1. größte Schweißsekretion an Stirn, Nacken, größere Flächen der Brust und des Rückens, Lenden, Handrücken und anschließende Teile des Unterarms;
2. geringere Schweißsekretion an Wange und lateralen Körperseiten, sowie an den überwiegenden Teilen der Extremitäten;
3. noch geringere Sekretion an den Innenflächen der Oberschenkel und in den Achselhöhlen;
4. am wenigsten Schweißsekretion an Handflächen und Fußsohlen.

Insgesamt sollen etwa 30% der insensiblen HWA durch Sekretion bewirkt werden (HEERD und OHARA (20)). Von diesen Autoren wird der glanduläre Anteil mit einer Ruhesekretion der apokrinen Schweißdrüsen erklärt. Dabei soll das Sekret die Hautoberfläche nicht flüssig erreichen, sondern schon in tieferen Zellschichten verdunsten und so den eigentlichen Sekretionsvorgang verdecken.

Eigene HWA-Messungen

Bei unseren Messungen der HWA zeigten sich Ausgangswerte, die vergleichbar mit denen der bekannten Literatur waren.

Die insensible Hautwasserabgabe (HWA) der einzelnen Autoren, gemessen an der Volarseite der Unterarme in $(\text{mg min}^{-1} \text{cm}^{-2})$:

eigene Messung aus Tabelle 15,S.27	0,018
(16) Felser u. Rothmann	0,025
(55) Thauer u. Zöllner	0,037
(20) Heerd u. Ohara	0,017
(24) Ikeuchi u. Kuno	0,017
(59) Webb, Garlington u.a.	0,01
(28) Kerslake, D.M.	0,017
(1) Angele	0,019
(17) Fricke	0,025
(56) Till	0,012
(60) Weiler	0,027

Die Werte von 16, 17, 60 sowie die von 55 sind auffallend hoch. Es muß angenommen werden, daß diese Werte durch eine vermehrte Schweißdrüsentätigkeit erhöht sind.

Unser Ziel war es, die unterschiedliche HWA nach Langzeitbebadung mit verschiedenen Wässern zu untersuchen, und somit die verschiedenen Wässer bezüglich der HWA zu unterscheiden.

Solange keine zusätzliche HWA aus den Schweißdrüsen erfolgt, kann man die HWA der trockenen Haut als Maß für die Dampfdurchlässigkeit der Hornschicht ansehen. Diese Durchlässigkeit wird vom Quellungszustand beeinflusst. Sie steigt außerdem bei Schädigungen und Verletzungen der Hornhaut stark an.

Wie aus der Abb. 5 Seite 48 zu ersehen ist, ist die Form des Kurvenverlaufs der einzelnen Wässer in Bezug auf die Zeit fast identisch. Die sichtbare Quellung der Haut nach langzeitiger Benetzung hat ihr meßbares Äquivalent in einer Entspeicherung von Wasser nach Abnahme der feuchten Kammern, wie sie vor allem im Anfangsteil der Kurven von Abb. 5 zu sehen ist. Zwei Minuten nach 15 stündiger Bebadung ist bei allen Wässern eine HWA zu verzeichnen, welche weit über der Perspiratio insensibilis liegt. (Erhöhung von 3,5 bis 8 fache der Perspiratio insensibilis).

Nach 4,5 Minuten bzw. 18 Minuten nach Beendigung des Langzeitbades ist eine beträchtliche Abnahme der HWA zu verzeichnen, die jedoch bei allen Wässern immer noch deutlich über der Perspiratio insensibilis liegt.

Die unmittelbar nach Abnahme der befeuchteten Mullaufgaben registrierten Werte der HWA rühren hauptsächlich von der Verdunstung

des in der gequollenen Hornschicht gespeicherten Wassers her. Entsprechend dem Verbrauch des gespeicherten Wasservorrats durch den Verdunstungsvorgang fällt die HWA der Hautoberfläche innerhalb von 18 Min. ab und nähert sich asymptotisch einem Endwert, welcher dem nunmehr erreichten Durchlässigkeitszustand der trockenen Haut entspricht. Damit ist sowohl eine Aussage über den Einfluß des untersuchten Wassers auf den Quellungszustand als auch auf die Durchlässigkeit der Hornschicht möglich.

Aus der Literatur ist bekannt, daß sich durch langzeitige Wasserbenetzung die Permeabilität der Haut für Wasser erhöht (TRONNIER (57)).

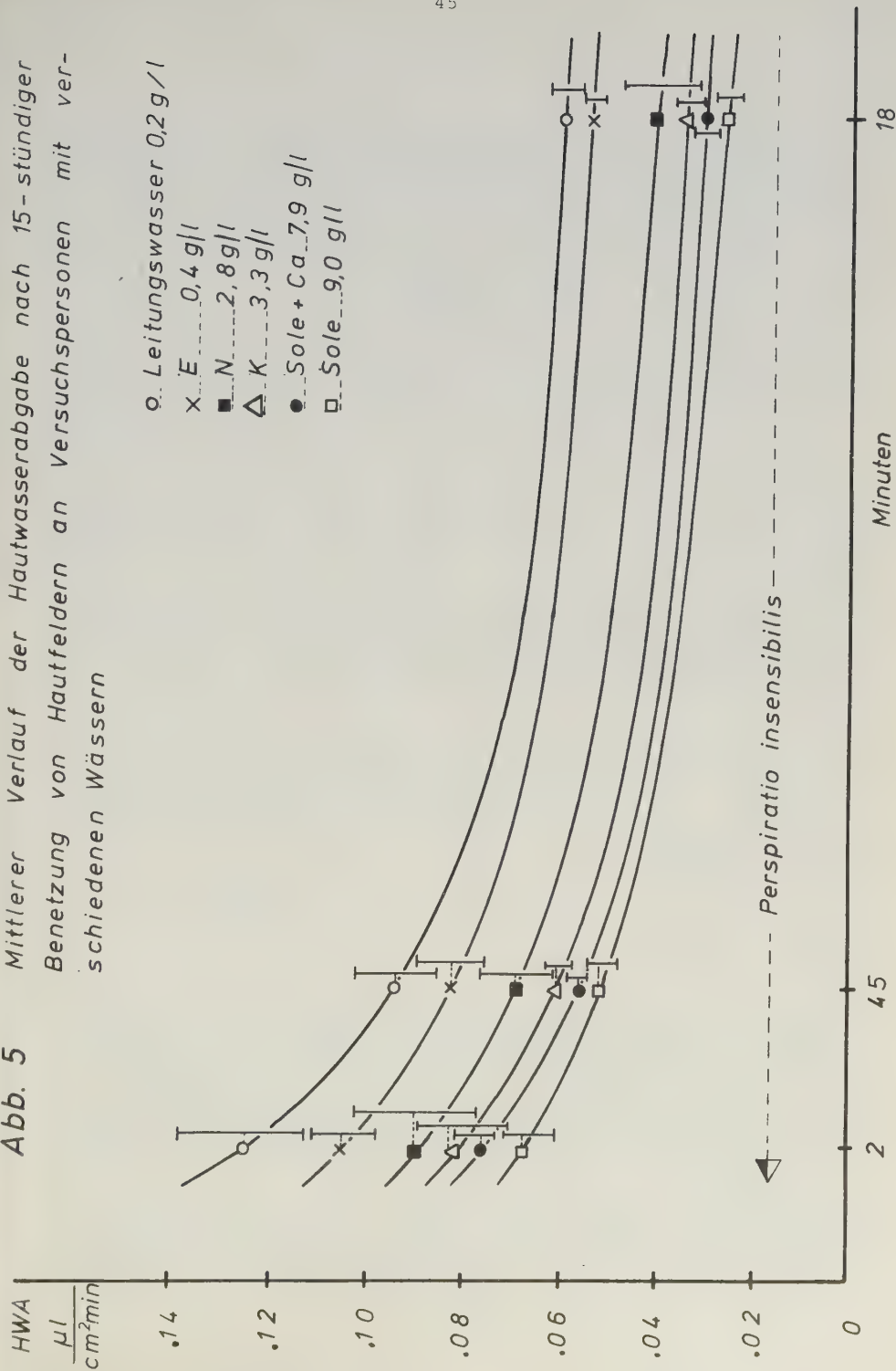
Dabei wurde davon ausgegangen, daß die Verdunstung von einer unterhalb der Hautoberfläche gelegenen Schicht erfolgt, deren Feuchtigkeit ungefähr 100% beträgt. Der Dampfdruck dieser Schicht ist bei nicht zu starkem stratum corneum annähernd gleich dem Sättigungsdruck bei Hauttemperatur. Bei einer Dicke des stratum corneum von höchstens 0,05 mm beträgt das Temperaturgefälle noch nicht 0,1°C.

BÜTTNER (8) nimmt die tiefere, dichtere Schicht (stratum conjunctum) des stratum corneum als "Barriere" für die Wasserverdunstung an. Die abgegebene Wasserdampfmenge wird von der Differenz der Dampfdrücke diesseits und jenseits der Barriere bestimmt. Handelte es sich wirklich nur um einen rein physikalisch gesteuerten Vorgang, müßte bei unverändertem Diffusionswiderstand und Gleichheit der Dampfdrücke auf beiden Seiten der Barriere die Wasserabgabe sistieren. In Wirklichkeit würde dies einen mengenmäßig gleichen Ein- und Ausstrom bedeuten, nicht ein Aufhören jeglichen Durchflusses.

BÜTTNER (9) fand ein Sistieren der Wasserabgabe schon bei einem Dampfdruck der umgebenden Luft von 21 mmHg gegenüber einem Sättigungsdruck von etwa 42 mmHg bei einer Hauttemperatur von 35°C. Er behauptet außerdem, daß der Widerstand der Barriere an der gleichen Hautstelle bei trockenen Bedingungen 3-4 mal höher ist als bei feuchten.

Abb. 5

Mittlerer Verlauf der Hautwasserabgabe nach 15-stündiger Benetzung von Hautfeldern an Versuchspersonen mit verschiedenen Wässern



Wie aus Abb. 5 S. 45 entnommen werden kann, liegt 18 Min. und bei Extrapolation auch noch nach mehreren Stunden nach Ende der Wasserbenetzung die HWA höher als die normale Perspiratio insensibilis. Dies läßt sich erklären mit einem Anteil, der von der Verdunstung des Quellungswasser herrührt, man kann aber auch vermuten, daß die Permeabilität erhöht sein muß.

Es zeigte sich, daß die Bebadung mit Aqua dest. sowohl die größte Quellwasserabgabe aufweist, als auch die größte Hautdurchlässigkeit für Wasserdampf bewirkt.

Bei den mit Sole benetzten Hautstellen findet sich eine geringere Vergrößerung der Hautwasserabgabe. Der Zusatz CaCl_2 bewirkt jedoch gegenüber der unveränderten Rheinfeldener Sole keine signifikant unterschiedliche Wirkung in Bezug auf die Hautdurchlässigkeit für Wasserdampf.

Aus der Abb. 5 S. 48 ist weiter erkennbar, daß in der gesamten Meßperiode an denjenigen Stellen die Wasserdampfmenge verringert ist, die vorher mit Wässern aus dem Braunkohlegebiet behandelt worden waren. Das Wasser aus dem Edelmanweiher unterscheidet sich nur geringfügig in seiner Wirkung vom Leitungswasser, während die Wässer aus dem Nordfeldweiher und dem Knappensee einen erheblichen Effekt ausüben. In Prozenten der HWA nach Benetzung mit Leitungswasser ausgedrückt ergeben sich folgende Durchschnittswerte aus 20 Versuchen:

Wasser	K	N	E	% v. Wasser
2 Minuten nach Bad:	62	78	85	
18 Minuten nach Bad:	60	65	94	

Bemerkenswert, daß bereits die Mineralisation von etwa 3g/Liter, wie sie im K- und N-Wasser vorliegt, eine so deutliche Verringerung der Hautquellung und der Hautdurchlässigkeit im Vergleich mit Leitungswasser bewirkt. Der entquellende Effekt fällt nur wenig schwächer aus als derjenige einer Soleverdünnung mit 30g/Liter Kochsalzgehalt.

Es liegt nahe, den Grund für die im Vergleich zur Gesamtmineralisation überproportionale Wirkung des K- und N-Wassers auf die Wasserspeicherung in chemischen Unterschieden gegenüber der Zusammen-

setzung von Sole (Kochsalzlösung) zu suchen. Als wahrscheinlichste Erklärung kommt der hohe Sulfatgehalt der genannten Wässer von 2,2 bzw. 1,9 g/Liter in Betracht. Den zweiwertigen Sulfationen wird seit langem eine entquellende Wirkung zugeschrieben.

KLEINSCHMIDT, DREXEL und DIRNAGL (30,12) machen den Chemismus für die HWA-Veränderungen verantwortlich.

Unter Adsorption versteht man nach KUHN (32) eine erfolgte "Konzentrationsverschiebung eines Stoffes an der Grenzschicht zweier benachbarter Phasen", die zu einer Anreicherung der angrenzenden Substanz an der Grenzfläche führt.

Nach Versuchen von RIBHI-EL-JOLANI (47) zeigte sich, daß die Adsorption nicht nur auf die Lipoidmembran des Stratum corneum beschränkt ist, und daß es sich nicht nur um eine Oberflächenadsorption handelt, wie sie KELLER (29) annimmt, sondern die Na^+ und J^- -Ionen dringen in die innere Struktur der Hautschuppen ein und verbinden sich mit dieser fest. Diese Verbindung kann eine Reaktion im Sinne der chemischen als auch der festen komplexen Bindung sein.

Die Na^+ Adsorption hängt von dem pH-Wert ab und vom Ionengehalt der Äquilibriumlösung. So ist die Adsorption bei einem niedrigen pH-Wert geringer als bei einem höheren pH-Wert. D.h., die Adsorption von Na^+ liegt für die mit alkalischen Lösungen vorbehandelten Hautschuppen höher als für die mit saueren Lösungen vorbehandelten Hautschuppen, der nach KELLER (29) bei 4,1 und nach STÜTTGEN (52) bei 5,5 liegt, bedeutet das, daß die Hautmembran in einer saueren Lösung von pH 4,1 - 7,0 so reagiert wie in einer alkalischen Lösung (RIBHI EL-JOLANI (47)).

Die einheitlichen Maßzahlen, die einen Vergleich der Hautgängigkeit der einzelnen Substanzen miteinander zulassen, erhält man durch eine Umrechnung mit den durch verschiedene Methoden gewonnenen Werte in sogenannte Resorptions- oder Hautclearancezahlen. Sie stellen jene Lösungsvolumina dar, in denen die je Zeiteinheit und Flächeneinheit durch die Haut dringenden Substanzmengen ursprünglich enthalten waren. Würde man dem Wasser eine mittlere Hautgängigkeit zusprechen, wären Na^+ und Cl^- -Ionen und die meisten

in Solen vorhandenen Ionen etwa 100 bis 1000 mal schlechter resorbierbar. Die Resorptionszahlen von CO_2 , von Schwefel in der zweiwertigen Bindungsform und von elementaren Jod sind Beispiele relativ guter Hautgängigkeit.

Es ist bekannt, daß dissoziierte organische und anorganische Salze und nur lipoidlösliche oder nur wasserlösliche Stoffe wesentlich schlechter die Haut durchdringen als zugleich hydrophile und lipophile wie CO_2 .

Im Vergleich mit den enormen Unterschieden in der Resorbierbarkeit, die mit der Lipoid- und Wasserlöslichkeit parallel läuft, für Na^+ -Förderung im alkalischen Milieu, bei Anionen im sauren pH-Bereich, fällt der Einfluß des Ionenmilieus jedoch nur wenig ins Gewicht. Andere Einflußgrößen wie die Konzentration und die Temperatur des Bademediums modifizieren die Hautpermeabilität nicht entscheidend. Nach wiederholten Bädern beobachtete MARUYAMA (40) eine allmähliche Verringerung der durchtretenden Na^+ -Mengen.

Untersuchungen an unserem Institut ergaben am Menschen und jungen Schweinen bei Verwendung von Heilquellen eine Berechtigung zur Annahme konzentrationsunabhängiger Resorption (DIRNAGL, DREXEL (11, 13)).

Die Tatsache, daß einmal aus dem Bademedium in die Haut abgegebene Substanzen durch nachfolgende Bespülungen mit destilliertem Wasser mit recht unterschiedlicher Menge aus der Haut wiedergewonnen werden können, bestätigt die fast selektive Ionenbindungsfähigkeit der Hornhaut.

Daher stimmen Untersuchungsergebnisse über den Besatzungsgrad der Haut nach Solebädern selbst bei Anwendung verschiedener Bespülmethode befriedigend gut überein. Während z.B. Jod, Eisen, Arsen nur teilweise wieder ausspülbar sind, lassen sich Na^+ -Ionen durch Eluationsverfahren nahezu vollständig wiedergewinnen.

Auch PRATZEL (44) und LOTMAR (37,38) sind der Meinung, daß der Hautstoffwechsel vom Ionenmilieu des Bademediums beeinflusst wird. Gestützt wird diese Annahme durch elektronenmikroskopische Untersuchungsergebnisse von JOB und PLATTNER (25) über den Einfluß verschiedener Bademedien auf die Ultrastruktur der Epidermis.

Inwieweit die einzelnen Wässer auf den Diffusions- oder Sekretionsmechanismus einwirken, ob und wie sie die Barriereschicht, den Hautstoffwechsel, die konduktive Zuleitung oder die konvektive Wärmezufuhr der Haut, etc. beeinflussen, wird wohl Gegenstand künftiger Forschungsarbeiten sein.

Subjektive Befunde

In 70% der 20. Versuche war die Haut nach Langzeitbebadung unauffällig. In 9 Versuchen zeigte sich eine Dunkelfärbung der Haut beim Nordfeldwasser.

Eine sichtbare Quellung der Haut trat bei 4 Fällen bei Bebadung mit Sole mit Ca-Zusatz auf.

Die aufgetretenen subjektiven Befunde dürfen jedoch angesichts der sehr langen Bebadungszeit von 15 Stunden, verglichen mit der sonst therapeutisch üblichen Badedauer von höchstens einer halben Stunde, nicht überbewertet werden.

Man könnte somit subjektiv betrachtet, einen Rückschluß auf die Unschädlichkeit der einzelnen Wässer bei gesunder Haut ziehen.

Es zeigten sich nämlich bei einer Versuchsperson allergische Hauterscheinungen schon bei Bebadung mit Leitungswasser, die jedoch durch Bebadung mit unseren Wässern nicht verstärkt wurden.

E.) ZUSAMMENFASSUNG

Durch experimentelle Untersuchungen wurde die Langzeitwirkung von Rheinfeldener Sole und Braunkohlewässern auf die Haut von Versuchspersonen, mit anschließender Messung von Haut-pH, Hauttemperatur, Hautwasserabgabe und Wasserspeicherung, daneben die subjektive Beurteilung geprüft.

Zehn Probanden im Alter von 21 - 30 Jahren wurden an der Volarseite des Unterarms mit Sole, Sole mit Ca, Aqua dest. und den Braunkohlewässern "Nordfeldweiher, Edelmannweiher und Knappensee" 15 Stunden lang mit Hilfe feuchter Kammern bebadet.

- 1.) Anschließend wurden mit einer Hautglaselektrode der Haut-pH-Wert, die Hauttemperatur und mit dem URAS die Hautwasserabgabe gemessen, sowie subjektive Beurteilungen aufgezeichnet. Jeder Versuch wurde 2mal ausgeführt.

Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte zur summarischen Abschätzung der verschiedenen Einflußfaktoren Wässer, Meßzeiten und Versuchspersonen mit Varianzanalysen, bei Vergleich von Wasserwirkungen gegenüber der H₂O-Bebadung an einzelnen Meßzeitpunkten mit F- und t-Test.

- 2.) Die Benetzung mit den einzelnen Flüssigkeiten brachte zum Teil Veränderungen der aktuellen Hautreaktion mit sich. Die Hautoberfläche näherte sich dem pH-Wert der jeweiligen Benetzungsflüssigkeit. Besonders ausgeprägt beim Nordfeldwasser. Möglicher Grund hierfür ist der hohe Gehalt an zweiwertigem Eisen, beim N-Wasser mit über 300 mg/l. Der Chemismus der Flüssigkeit gewinnt gegenüber den Einflüssen des Hautstoffwechsels die Oberhand.
- 3.) Nach Langzeitbebadung sank die Hauttemperatur von einem Maximalwert von 33,5°Celsius auf einen Minimalwert von 26,1°Celsius ab, im Mittel um Werte zwischen 0,4 und 1,6°C. Nach Abtrennung des Einflusses der Aufenthaltsdauer im Meßraum bis zur Ausführung der jeweiligen Registrierperiode mit Hilfe der Varianzanalyse, ergaben sich unbedeutende, weit unter methodischen und individueller Streubreite liegende Beträge. Ein echter Einfluß der Wasserart auf die Hauttemperatur ist

also nicht feststellbar.

- 4.) Die sichtbare Quellung der Haut nach Bebadung hat ihr meßbares Äquivalent in einer Entspeicherung von Wasser nach Abnahme der feuchten Kammern. Anfänglich (2 - 4,5 Min.) war eine besonders starke Zunahme der Perspiratio insensibilis (3,5 bis auf's 8fache) nachweisbar. Die Hautwasserabgabe (HWA) der Hautoberfläche fällt entsprechend dem Verbrauch des gespeicherten Wasservorrats in der Haut durch den Verdunstungsvorgang innerhalb von 18 Min. ab und nähert sich asymptotisch einem Endwert, welcher dem nunmehr erreichten Durchlässigkeitszustand der trockenen Haut entspricht. Bei den mit Sole benetzten Hautstellen findet sich eine geringe Vergrößerung der Hautdurchlässigkeit.

Zusatz von CaCl_2 bewirkt eine geringfügig höhere Wasserspeicherung, jedoch nicht signifikant gegenüber Sole in Bezug auf die Hautdurchlässigkeit für Wasserdampf.

Die Stellen, die mit den Braunkohlewässern (E, N, K) behandelt wurden, zeigten eine Verringerung der Wasserdampfmenge im Vergleich zum Leitungswasser.

Wasser E unterscheidet sich nur geringfügig vom Leitungswasser. K- und N-Wasser bewirken eine ausgeprägte Verringerung der Wasserdampfmenge gegenüber dem Leitungswasser. Der Grund muß in chemischen Unterschieden der Braunkohlewässer gegenüber Sole (Kochsalzlösung) gesucht werden.

Wichtigstes Merkmal ist ihr hoher Sulfatgehalt von K = 2,2g/Liter und N = 1,9 g/Liter. Die entquellende Wirkung von zweiwertigen Sulfationen ist experimentell belegt. Das unterschiedliche Verhalten von Wasser K- und N gegenüber Wasser E in Bezug auf die gemessenen Parameter ist möglicherweise auf das Wirksamwerden dieser zurückzuführen.

- 5.) Die Betrachtung der Hautoberfläche ergab auch nach Langzeitbebadung keine Unverträglichkeitsreaktionen.
- 6.) Sole in der 3%igen Form entfaltet objektivierbar eine Wirkung auf die Hautoberfläche in der beschriebenen Form und könnte als neue Applikationsform erprobt werden

Aufgrund anderer Arbeiten in unserem Institut (Korzynik, Allgeyer) wird die Anwendung von Braunkohlewässern nicht empfohlen.

F.) LITERATURVERZEICHNIS

- 1.) Angele, K.: Topographische Messung der insensiblen HWA u. ihre Abhängigkeit von verschiedenen Einflüssen.
Diss. München 1966
- 2.) Aschoff, J.: Tagesrhythmus des Menschen bei völliger Isolation. Umschau in Wissenschaft und Technik 378, 66, (1966)
- 3.) Aschoff, J., Günther, B., Kramer, K.: Energiehaushalt u. Temperaturregulation. 63-66 Urban & Schwarzenberg Verlag, München-Berlin-Wien (1971)
- 4.) Aschoff, J.: Hauttemperatur u. Hautdurchblutung im Dienst der Temperaturregulation. Klin. Wschr. 193, 36 (1958)
- 5.) Betz, E.: Hautwasserabgabe und periphere Durchblutung. Arch. f. Physik. Ther. 7. Jhg. 4. (1955)
- 6.) Blank, J.H.: Further observations on factors which influence the water content of the stratum corneum.
J. Invest. Dermat 259, 21 (1953)
- 7.) Blank, J.H.: Factors which influence the water content of the stratum corneum. Repr. from the J. of Invest. Dermatology 21, 4 (1953)
- 8.) Büttner, K.: Diffusion of Water Vapour Through Human Skin.
J. Appl. Physiol. 229-242, 6 (1953)
- 9.) Büttner, K.: On the Transfer Funktion of Human Skin. University of Washington, Dep. of. Meteorology and Climatology, Annual Report (1960)

- 10.) Büttner, K. und Odland, G.F.:
 Vortrag an der Tagung d.Amer.Physiol.
 Soc. Chicago 18. April 1957. Federa-
 tion Proc., 1,16 (1957)

- 11.) Dirnagl, K. und Drexel, H.:
 Die quantitative Erfassung der Aufnahme
 von Quellinhaltsstoffen in die Haut und
 durch die Haut.
 Arch. phys. Ther. 283, 15. (1963)

- 12.) Drexel, H., Dirnagl, K., Pratzel, H.:
 Experimentelle Befunde zum chem. Wir-
 kungsmechanismus der Sole und Seebäder.
 Phys. Med. 1.Jhg. 3 (1970)

- 13.) Drexel, H. u. Dirnagl, K.:
 Resorption u. Absorption von Meerwasser-
 inhaltsstoffen durch die Haut.
 Thalassotherapie: Verh. d. XIII. Int.
 Kongr. f. Thalassotherapie J.J. Augu-
 stin, Glückstadt 1967

- 14.) Drexel, H.:
 Zum Wirkungsmechanismus d. Kneipp'schen
 Hydrotherapie. Allgemeine Therapeutik.
 10 (1964).

- 15.) Epprecht, R.:
 Elektrometrische Messungen des pH der
 Hautoberfläche bei Hautgesunden und Ek-
 zempatienten mit bes. Berücksichtigung
 der Säureneutralisation.
 Dermatologica 204-215, 111 (1955)

- 16.) Felser, Z. und Rothmann, S.:
 The insensible perspiration of the skin
 in hyperkeratotic condidition.
 J. Invest. Dermat. 271-278, 6, (1945)

- 17.) Fricke, W.:
 Methodische Beiträge zur fortlaufenden
 Messung d. persp. insens. kleiner Haut-
 areale.
 Med. Diss. München 1966

- 18.) Gottron, H.A. u. Schönfeld, W.:
Dermatologie u. Vereologie. Band I,
Teil 1 (1961), Georg Thieme Verlag,
Stuttgart
- 19.) Hartmann u. Braun AG.: Gebrauchsanweisung URAS 1 Infrarot
Gasanalysator Frankfurt am Main.
Meß- u. Regeltechnik
- 20.) Heerd, E. u. Ohara, K.: Untersuchungen über die Wasser-
dampfabgabe kleiner Hautareale beim
Menschen.
Pflüg.Arch. 32-41, 276 (1962)
- 21.) Heerd, E. u. Oppermann, C.: Über jahreszeitliche Schwan-
kungen der Persp. insen. der menschli-
chen Haut. Bericht über die 28. Tagung
d. Deutsch. Physiol. Ges. (Bad Naumann/
Gießen). Pflüg. Arch. 92-93, 278 (1963/
64)
- 22.) Hermann, F., Prose, P.H. u. Sulzberger, M.B.:
Studies on ether-solub. subst. on the
human skin. III. The effect of sweat on
the quality of ether-soluble substances
on the skin.
J.Invest. Dermat 397, 21 (1953)
- 23.) Hildebrandt, G.: Zur Tagesperiodik der physiolog. Tempe-
raturregelung.
Hess. Ärzteblatt 8 (1952)
- 24.) Ikeuchi, K. u. Kuno, Y.: On the regional differences of the
Perspiration on the surface of the human
body.
Oriental Medicine, 106-107, 7, (1927)
- 25.) Job, C. u. Plattner, H.: Elektronenmikroskopische Untersu-
chungen über den Einfluß verschiedener
Bademedien auf die Ultrastruktur der Epi-
dermis.
Bäder- u. Klimaheilk. 16, 22 (1969)

- 26.) Ju, Ch. J.: Untersuchungen zur Dekontamination radioaktiv verseuchter Hautstellen an den Händen.
Med. Diss. München 1969
- 27.) Kaufmann, W. u. Thauer, R. u. Zöllner, G.:
Der insensible Gewichtsverlust als Funktion der Umweltbedingungen. Der Wasserdampfdruck der Hautoberfläche und die Wasserdurchgangszahl der Haut in Abhängigkeit von Temperatur u. Wasserdampfdruck der umgebenden Luft im thermoindifferanten Bereich.
Archiv f. Phys. Ther., 7. Jhg., 312-317, 4 (1955)
- 28.) Kerslake, D.M.: The rate of diffusional water loss through human skin.
J. Physiol. London, 127, 18, (1955)
- 29.) Keller, Ph.: Elektrophysiologie der Haut. Haut und Geschlechtskrankheiten.
J. Jadasohn 84, (1963) Springer Verlag Berlin, Göttingen, Heidelberg
- 30.) Kleinschmidt, J., Drexel, H. und Dirnagl, K.:
Chem. Bäderwirkungen.
München. Med. Wochenschrift 115. Jhg., 443-437, 11, (1973)
- 31.) Kligman, A.M.: The Biology of the stratum corneum. The Epidermis, William Montagna.
Academic Press New York and London 1964
- 32.) Kuhn, A.: Kolloidchem. Taschenbuch, 346-375 (1960),
Akad. Verlagsgesellschaft Leipzig
- 33.) Kuno, J.: Conditions Governing Perspiration and the Ability to Perspire.
Physiol. Laboratory, Manchuria Medical College Mukden. 39-41 (1927)

- 34.) Kuno, J.: The Physiology of human perspiration.
T. and A. Schurhill, London 120-123
(1934)
- 35.) Loewy, A. u. Wechselmann, W.: Zur Physiologie und Pathologie
des Wasserwechsels und der Wärmeregulation
seitens des Hautorgans.
Arch. path. Anat. 206, 79 (1911)
- 36.) Lotmar, R.: Die Wirkung von Meerwasser u. Schwefel-
meerwasser auf Hautdurchblutung u. Haut-
permeabilität. Thalassotherapie. Verh.
d. XIII.Int. Kongr. f. Thalassotherapie.
J.J. Augustin, Glückstadt 1968
- 37.) Lotmar, R.: Mineralsalzbäder u. Hautatmung
Arch. phys. Ther. 20, 377 (1968)
- 38.) Lotmar, R.: Untersuchungen über das pH der menschl-
ichen Haut mit besonderer Berücksichti-
gung seines Verhaltens nach Thermalbä-
dern.
Fund. baln. bioclim. 160-177, 1 (1959)
- 39.) Marchionini, A. u. Spier, H.W.: Orthologie u. Pathologie
der Ausscheidung der Haut.
Handbuch d.allg.Path. 527-547, 5 (1959)
- 40.) Maruyama, R.: Balneologische Studien mit radioaktiven
Isotopen.
J.Jap.Balneo-Climatol. Assoc. 24, 1, (1960)
- 41.) Moog, O.: Der Einfluß der Temperatur auf die un-
merkliche Hautwasserabgabe.
Exper. Med. 316, 31, (1923).
- 42.) Moog, O.: Neuere Untersuchungen über die Perspi-
ratio insen.
Verh.dtsch.Ges. inn.Med. 299, 38 (1926)
- 43.) Pfleiderer u. Büttner, K.: Grundlagen der Hautthermometrie.
Verh. dtsch. Ges. inn. Med. 492 (1935)

- 44.) Pratzel, H.: Der Stoffwechsel der Haut als Teil des Gesamtstoffwechsels.
Arch.f.physik.Therapie. 20. Jhg., 5
(1968)
- 45.) Reichel u. Bleichert: Leitfaden der Physiologie des Menschen.
366-374, (1966) Ferdinand Enke Verlag,
Stuttgart
- 46.) Rein, H.: Physiologie des Menschen. 765, 222-226
(1960), Springer-Verlag, Berlin-Göttin-
gen-Heidelberg
- 47.) Ribhi El-Jolani: Zur Adsorption von Na^+ und J^- -Ionen an
Keratinzellen der menschlichen Haut.
Med. Dissertation München 1973
- 48.) Schnelle, K.W.: Die Naturheilverfahren nach Kneipp,
Prießnitz u. Schroth.
Ärztliche Mitteilungen. 46.Jhg. 1097-
1099, 19 (1961)
- 49.) Schölmerich, P. u. Hildebrandt, G.: Über Mechanismus und Re-
gulation der HWA.
Die gesamte exper.Med. 117, 17-36, (1951)
- 50.) Seguin u. Lavoisier, A.L.: Mem. Acad. Sci. 185, (1789)
- 51.) Stüpel, H. u. Szakall, A.: Die Wirkung von Waschmittel auf
die Haut.
Die menschliche Haut I., 261, (1957),
A. Hüthig Verlag Heidelberg
- 52.) Stüttgen, G.: Die normale u. pathol. Physiologie der
Haut. (1965), Gustav Fischer Verlag,
Stuttgart.
- 53.) Szakall, A.: Über die Eigenschaften, Herkunft u. phy-
siolog. Funktionen der die H-Ionenkon-
zentration bestimmenden Wirkstoffe in
der verhornten Epidermis.
Arch. klin. exp. Derm. 201, 331-360
(1955)

- 54.) Szakall, A.: Experimentelle Daten zur Klärung der Funktion der Wasserbarriere in der Epidermis des lebenden Menschen. Berufsdermatosen, 171-192, 6, (1958)
- 55.) Thauer, R. u. Zöllner, G.: Der insensible Gewichtsverlust als Funktion der Umweltbedingungen. Seine Abhängigkeit von dem Wasserdampfdruck der Luft im indifferenten Temperaturbereich. Pflüg. Arch. ges. Physiol., 58-71, 258 (1953)
- 56.) Till Claudia: Die Perspiratio insensibilis bei Luftfeuchten unweit des Wasserdampfdruckes der Hautoberfläche. Med. Diss. München 1968
- 57.) Tronnier, H.: Haut und Wasser, Ärztliche Praxis. 2563, 2583-2589, 49 (1961)
- 58.) Trincker, D.: Zentrale u. periphere Wärmeregulation. Die Medizinische, 271-279, 7, (1959)
- 59.) Webb, P., Garlington, L.N. and Schwarz, M.J.: Insensible weight loss at high skin temperatures. J. app. Physiol. 41-44, 11 (1957)
- 60.) Weiler, H.: Die insensible HWA in Abhängigkeit von der lokalen Hauttemp., der allg. thermoregulatorischen Situation u. weiteren Faktoren. Med. Diss. München 1967
- 61.) Weiner, J.S.: The regional differences of the Perspiration on the surface of the human body. Oriental Medicine, 106-107, 7 (1927)
- 62.) Winsor, T. u. Burch, G.E.: Diffusion of water through dead plantar, palmar and tarsal human skin and through the nails. Dermat. Syph. 53, 39, (1946)

- 63.) Wever, R.: Das Schwingungsgesetz der biologischen Tagesrhythmik.
Umschau in Wissenschaft und Technik
462, 66, (1966).

G.) ANHANGBerechnung der HWA

Eichung: $\Delta C \hat{=} \Delta l$; wobei $l \hat{=}$ abgelesener Schreiberausschlag
(in Längeneinheiten)
 $C =$ Konz. der Meßkammer

$$C = \frac{(\mu g) \text{ H}_2\text{O Dampf}}{(l) \text{ Luftvolumen}}$$

Die pro Min. in das aufnehmende System abgegebene

H₂O-Menge entspricht

$$\frac{m_{\text{HWA}}}{1 \text{ Min.}} = X_{\text{HWA}} \left(\frac{\mu g}{\text{cm}^2 \text{ Min.}} \right) \cdot F (\text{cm}^2)$$

$$\frac{m_{\text{eich}}}{1 \text{ Min.}} = X_{\text{eich}} \left(\frac{\text{ml}}{\text{h}} \right) \cdot \frac{1}{60}$$

Das pro Min. zur Verfügung stehende Aufnahmevol. (V)

entspricht:

$$\frac{V_{\text{HWA}}}{1 \text{ Min.}} = \frac{D_{\text{öl}} \left(\frac{1}{\text{h}} \right)}{60} \quad \text{wobei} \quad D_{\text{öl}} = \text{Durchfluß d. Ölpumpe } \frac{V}{t}$$

$$\frac{V_{\text{eich}}}{1 \text{ Min.}} = D_{\text{eich}} \left(\frac{1}{\text{min}} \right)$$

Konzentrationsberechnung:

$$C = \frac{m}{V} = \frac{\frac{m}{t}}{\frac{V}{t}}$$

$$C_{\text{HWA}} = \frac{60 X_{\text{HWA}} \left(\frac{\mu g}{\text{cm}^2 \text{ Min.}} \right) F (\text{cm}^2)}{D_{\text{öl}} \left(\frac{1}{\text{h}} \right)}$$

$$x_{\text{HWA}} \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{cm}^2 \text{Min.}} \right) = \frac{\Delta l \text{ (mm)}}{\Delta l_{\text{MAX}} \text{ (mm)}} \quad \text{const.}$$

$$m_{\text{HWA}} \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{cm}^2 \text{Min.}} \right) = \frac{\Delta l \text{ (mm)} \cdot x_{\text{eich}} \left(\frac{\text{ml H}_2\text{O}}{\text{h}} \right) \cdot D_{\text{öl}} \left(\frac{1}{\text{h}} \right) \cdot 10^6}{\Delta l_{\text{MAX}} \text{ (mm)} \cdot F \text{ (cm}^2\text{)} \cdot D_{\text{eich}} \left(\frac{1}{\text{Min.}} \right) \cdot 3600}$$

Beispiel: 0,5 ml/h $\hat{=}$ verdampfte H₂O-Menge/h
 8 l/min. $\hat{=}$ Durchflußmenge an Luft
 21,8 l/h $\hat{=}$ Pumpleistung d. Ölpumpe
 1 ml H₂O $\hat{=}$ 1 g H₂O

$$\text{Eichluft (EL): } \frac{0,5 \text{ ml H}_2\text{O/h}}{8 \text{ l Luft/Min.}} = \frac{21,8}{8} \cdot \frac{500}{60} = 22,7 \text{ mg H}_2\text{O/h}$$

$$\text{HWA: } \frac{\text{mg H}_2\text{O/h}}{\text{Gesamt-} \frac{\text{ab-}}{\text{tastfläche}}} = \frac{22,7}{3,14} \approx 7 \text{ mg/h/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Messung } \Delta l_1 &= 2,6 \text{ LE} \quad (\text{a}) \\ \Delta l_2 &= 0,5 \text{ LE} \quad (\text{b}) \\ x &= \frac{\text{EL}}{a} \cdot b \\ &= \frac{22,7}{2,6} \cdot 0,5 = 4,36 \text{ mg/h/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{HWA: } 4,36 : 31,4 = 1,38 \text{ mg/h/cm}^2 = 0,138 \text{ mg/h/l}$$

$$\text{HWA} = 0,023 \text{ mg/Min./cm}^2 = 13,8 \text{ g H}_2\text{O/h/m}^2$$

=====

Wässeranalysen

Im folgenden werden die Wasserproben aus dem Knappensee, Nordfeld- und Edelmanweiher mit K, N. bzw. E bezeichnet.

Physikalische und physikalisch-chemische UntersuchungenSpezifische elektrische Leitfähigkeit: 20°C

K :	3,18 mS
N :	3,7 mS
E :	0,67 mS

pH-Wert:

(Elektrometrisch gemessen bei 20°C)

K :	5,49
N :	2,53
E :	3,28

Chemische Untersuchungen

Abdampfrückstand (180°C)

K :	3,478 g/l
N :	3,472 g/l
E :	4,86 mg/l

Glührückstand (600°C)

K :	3,326 g/l
N :	2,848 g/l
E :	0,374 g/l

Glühverlust (180°C - 600°C)

K :	152 mg/l
N :	624 mg/l
E :	112 mg/l

Oxidierbarkeit (K Mn O₄)

K :	6,280 mg/kg
N :	7,567 mg/kg
E :	3,383 mg/kg

In einem Liter des Wassers sind enthalten:

K:

<u>Kationen:</u>	Milligramm mg	Millival mval	Millival -% mval -%
Natrium (Na^+)	537,0	23,358	54,06
Kalium (K^+)	53,1	1,358	3,14
Calcium (Ca^{2+})	338,1	16,871	39,05
Magnesium (Mg^{2+})	19,3	1,588	3,68
Eisen (Fe^{2+})	0,84	0,030	0,07
Summe:	948,34 =====	43,205 =====	100,00 =====

Anionen:

Chlorid (Cl^-)	31,88	0,899	1,88
Nitrat (NO_3^-)	3,45	0,056	0,12
Sulfat (SO_4^{2-})	2255,8	46,966	26,01
Summe:	3239,47 =====	47,921 =====	100,01 =====

N

Kationen:

Natrium	8,04	0,350	0,99
Kalium	4,52	0,116	0,33
Calcium (Ca^{2+})	324,9	16,213	45,81
Magnesium (Mg^{2+})	81,56	6,709	18,96
Eisen (Fe^{2+})	335,1	12,001	33,91
	754,12	35,389	100,00

Anionen:

Chlorid (Cl^-)	25,42	0,717	1,80
Sulfat (SO_4^{2-})	1876,0	39,058	98,20
	2655,54 =====	39,775 =====	100,00 =====

<u>Be</u>	Milligramm mg	Millival mval	Millival -% mval -%
<u>Kationen:</u>			
Natrium (Na^+)	4,71	0,205	3,32
Kalium (K^+)	5,16	0,132	2,14
Calcium (Ca^{2+})	81,00	4,042	65,43
Magnesium (Mg^{2+})	18,22	1,499	24,26
Eisen (Fe^{2+})	8,38	0,300	4,86

Summe:	117,47	6,178	100,01
	=====	=====	=====

Anionen:

Chlorid (Cl^-)	9,31	0,263	3,77
Sulfat (SO_4^{2-})	322,5	6,714	96,23
Summe:	449,28	6,977	100,00
	=====	=====	=====

Herrn Prof. Dr. med. Heinrich Drexel und
Herrn Dipl.-Phys. Karl Dirnagl möchte ich
für die freundliche Überlassung des Themas,
die wertvollen Anregungen und die liebenswürdige
Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit
ganz herzlich danken.

Zu großem Dank verpflichtet bin ich auch
Herrn Dipl.-Phys. Jürgen Kleinschmidt, der mir
bei der Durchführung und Auswertung stets mit Rat-
schlägen behilflich war.

LEBENS LAUF

Ich, Evelyne Hemmerich, wurde am 11.12.1948 in Weiden/Opf. als zweites Kind meiner Eltern Dr. med. Dr. med. dent. Kurt Hemmerich und Dr. med. dent. Hildegard Hemmerich, geb. Zrenner geboren. Ich habe noch fünf Geschwister.

Vom Herbst 1955 - 59 besuchte ich die Volksschule der Engl. Fräulein in München-Nymphenburg, anschließend das Neusprachliche Gymnasium der Engl. Fräulein, wo ich im Juli 1968 die Reifeprüfung ablegte.

Im Wintersemester 68/69 begann ich das Humanmedizinstudium an der Ludwig-Maximilians-Universität München. Am 19. Juni 1974 habe ich die ärztliche Prüfung beendet.

Nach der Ableistung der Medizinalassistentenzeit am Städt. Krankenhaus in Rosenheim, erhielt ich am 10. September 1975 die Approbation.

Ich begann im Anschluß daran meine Assistentenzeit auf der Anästhesieabteilung in Rosenheim, und bin seit Oktober 1976 am Städt. Krankenhaus München-Schwabing auf der Anästhesieabteilung als Assistenzärztin tätig.

